



Atlante Europeo del Vento

Troen, Ib; Lundtang Petersen, Erik

Publication date:
1990

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Troen, I., & Lundtang Petersen, E. (1990). *Atlante Europeo del Vento*. Risø National Laboratory.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

COMMISSIONE DELLE COMUNITÁ
EUROPEE

ATLANTE EUROPEO DEL VENTO

Ib Troen ed Erik Lundtang Petersen



Pubblicato per la Commissione delle Comunità Europee
Direttorato Generale per la Scienza, la Ricerca e lo Sviluppo
Brussels, Belgio

dal Risø National Laboratory, Roskilde, Danimarca

Atlante Europeo del Vento

Copyright © 1990 Risø National Laboratory, Danimarca.

Tutti i diritti sono riservati. Per nessuna parte di questa pubblicazione é consentita la riproduzione, la memorizzazione elettronica, oppure la trasmissione in qualunque forma e con qualsiasi mezzo, senza l'autorizzazione scritta del Risø National Laboratory. Il dischetto accluso può essere copiato unicamente a scopo precauzionale.

COMUNICAZIONE LEGALE

La Commissione delle Comunità Europee, il Risø National Laboratory ed ogni altra persona che agisce nell'interesse della Commissione o del Risø, non sono responsabili per l'uso che può esser fatto delle informazioni presentate in questa pubblicazione.

Coordinamento: Niels G. Mortensen

Traduzione: Alfredo Lavagnini ed Anna Maria Sempreviva

Autore della copertina: Torben Ebbesen

Disegni artistici: Søren Rasmussen

Cura tipografica: Mogens Arrildt

Stampato e rilegato da Jyllinge Bogtrykkeri

ISBN 87-550-1639-1

Stampato in Danimarca

Atlante Europeo del Vento

Meteorology and Wind Energy Department
Risø National Laboratory
P.O. Box 49
DK-4000 Roskilde
Denmark

Phone +45 42 37 12 12
Telex 43 116
Telefax +45 42 37 01 15

Presentazione

L'Atlante Europeo del Vento é il maggior prodotto dell'intero sforzo compiuto dalle Comunità Europee per promuovere il mercato della produzione elettrica derivante da risorse eoliche in Europa e per sviluppare le tecnologie ed i sistemi ad essa associati.

Questo Atlante completa le informazioni precedentemente pubblicate in alcuni atlanti nazionali del vento e diverrá senza dubbio uno strumento essenziale per tutti i pianificatori delle applicazioni dell'energia eolica nella Comunità. I dati di questo nuovo Atlante Europeo sono assai piú completi di quelli presentati nei lavori succitati. Esso inoltre consente, per la prima volta, una panoramica coerente di tutti i Paesi CEE, incluse le vaste aree con territori ad orografia complessa. Proprio quest'ultimo é stato il maggior risultato ottenuto, in quanto si é dovuto sviluppare degli affidabili codici di calcolo appositamente per questo tema.

La realizzazione dell' Atlante é un evidente esempio di quella cooperazione europea nel campo scientifico e tecnologico che viene stimolata ininterrottamente dalla Commissione delle Comunità Europee di Brussels. Il lavoro dell'Atlante fu commissionato dalla Comunità Europea nel 1981. Una rete di esperti meteorologi e di Istituzioni diverse fu messa insieme per il progetto. La Commissione ne affidó il coordinamento al Risø National Laboratory (Danimarca), vista l'esperienza acquisita nel produrre l'atlante eolico danese. La Commissione ha inoltre fornito la maggior parte dei finanziamenti. Grazie a molti anni di sforzo intenso da parte di alcuni noti esperti ed Organizzazioni del settore, é stato possibile condurre in porto il progetto in modo piú che soddisfacente.

Sono certo che tutti gli interessati al futuro sviluppo dell'energia eolica in Europa apprezzeranno questo vasto lavoro e trarranno beneficio dalle molteplici informazioni che esso fornisce, nelle loro attività future.

Dr. W. Palz
Capo Divisione per
lo Sviluppo delle Energie Rinnovabili
Commissione delle Comunità Europee
Brussels, Belgio

Sommario

Le aree potenzialmente adatte alle applicazioni dell'energia eolica sono variamente distribuite in tutti i Paesi della Comunità Europea. Le regioni che maggiormente dispongono di elevate risorse di energia eolica includono la Gran Bretagna, l'Irlanda e le parti Nord-Occidentali del territorio della CEE, quali: la Danimarca, la Germania del Nord, l'Olanda, il Belgio ed il Nord della Francia. Altre aree sono la Spagna Nord-Occidentale e la maggior parte delle Isole Greche. Inoltre, vi sono molte aree, in particolare nei Paesi del Mediterraneo, ove sistemi eolici associati a barriere montuose, danno luogo a grandi potenziali energetici. Alcuni di questi sistemi si estendono su vaste zone: il Maestrato, tra le Alpi ed il Massiccio Centrale nella Francia del Sud; la Tramontana, a Nord dei Pirenei in Francia ed a Sud di essi nella valle dell'Ebro. In altri casi, tali sistemi eolici hanno una più limitata estensione geografica, ma possono nondimeno dar luogo localmente ad elevate risorse eoliche. Di particolare interesse, sono i passi e le valli di montagna, siti in cui possono essere presenti effetti naturali di concentrazione del vento.

Le informazioni raccolte nel presente Atlante identificano e documentano chiaramente l'esistenza di vaste regioni che ben promettono per un diffuso utilizzo delle risorse eoliche. Inoltre, i metodi sviluppati in esso per calcolare l'influenza della topografia sulla velocità del vento, hanno dimostrato il forte salto di potenziale eolico che si riscontra su territori ad orografia complessa. I metodi di calcolo degli effetti topografici sono stati resi disponibili al pubblico, prima ancora della pubblicazione dell'Atlante Eolico, sottoforma di un programma da usare su personal computers. Questo programma, insieme all'Atlante del Vento, costituisce il fondamento del calcolo della disponibilità di energia eolica - compresa anche la localizzazione dei siti adatti all'installazione di aerogeneratori - per il territorio della Comunità Europea.

L'Atlante fornisce un quadro realistico e globale della distribuzione generale delle risorse eoliche in Europa. In regioni quali l'Olanda, la Germania del Nord e la Danimarca, le condizioni topografiche relativamente semplici consentono all'utente di effettuare dei calcoli affidabili di localizzazione delle turbine usando direttamente l'Atlante Eolico. In aree ad orografia complessa ben coperte dall'Atlante, quali ad esempio la Francia centrale, per ottenere stime attendibili dei potenziali eolici, è necessaria una certa esperienza nell'uso dell'Atlante unitamente alla conoscenza delle condizioni locali. Nei territori ad orografia complessa ove il presente Volume dispone di pochi dati statistici, come per l'entroterra della Grecia, l'Atlante del Vento può aiutare ad identificare le regioni con un elevato potenziale eolico, ma per queste regioni sono necessarie in ogni caso informazioni suppletive.

L'Atlante Europeo del Vento rappresenta il primo tentativo di fornire le statistiche e delle indicazioni precise per il calcolo delle risorse di energia eolica nei Paesi della Comunità Europea. Esso è la base che consente alla Commissione di procedere nello sforzo di dotare i Paesi della Comunità Europea di una fonte d'informazione e di procedure di calcolo affidabili per localizzare le risorse europee di energia eolica.

Contenuto dell'Atlante del Vento

L'Atlante é diviso in tre parti, ognuna delle quali é destinata a lettori aventi aree di interesse diverse, dai non iniziati ai meteorologi professionisti.

Parte I: La Risorsa Eolica fornisce una panoramica completa della climatologia, delle dimensioni e della distribuzione delle risorse eoliche nei Paesi della Comunità Europea. Questa parte dell'Atlante é stata scritta per essere usata dai politici, dai pianificatori ed, in generale, dai non addetti ai lavori. Le descrizioni, le tabelle e le mappe consentono di effettuare una iniziale e rapida identificazione delle aree con risorse eoliche piú abbondanti.

Parte II: La determinazione della Risorsa Eolica fornisce gli elementi necessari a chi deve valutare le risorse eoliche di una regione e scegliere i siti per l'installazione di generatori eolici. Essa contiene le statistiche dei dati grezzi per 220 stazioni meteorologiche e le statistiche climatologiche regionali calcolate dai dati delle stazioni. Contiene inoltre i metodi per calcolare l'influenza che alcune caratteristiche di un territorio esercitano sulla risorsa eolica, quali le linee di costa, le foreste, le colline e gli edifici. Presenta inoltre alcuni esempi che mostrano l'applicazione combinata di tali metodi e delle statistiche climatologiche regionali. Per apprezzare a pieno questa parte é necessaria una certa conoscenza della matematica e della statistica. Quando si arriva alle applicazioni concrete, come la localizzazione di una particolare turbina eolica in un determinato sito, di regola ci si imbatte in situazioni cosí complicate che il calcolo della risorsa eolica puó essere effettuato soltanto con metodi numerici mediante un elaboratore. Per facilitare questi calcoli della risorsa mediante computer, in fondo all'Atlante sono stati posti due dischetti, corredati di tutte le statistiche di input necessarie. Durante tutta la Parte II ci sono esempi, sia di situazioni relativamente semplici, ove i metodi citati e le tabelle statistiche presentate possono essere usati direttamente, sia di situazioni in cui i calcoli debbono essere eseguiti con un personal computer. Tali esempi sono stati prodotti con un programma appositamente sviluppato per la realizzazione dell'Atlante del Vento. Ulteriori dettagli in merito a questo *Wind Atlas Analysis and Application Programme* (WASP) si possono trovare nella Parte III.

Parte III: I Modelli e l'Analisi é la parte di documentazione dell'Atlante. Qui si richiede al lettore una qualche conoscenza di meteorologia e di statistica. Essa descrive come é stata condotta l'analisi a partire dai dati e dalle informazioni raccolte da ogni Paese partecipante fino ad ottenere le statistiche climatologiche regionali. Il Capitolo 8 tratta le basi fisiche e statistiche del modello usato per produrre l'Atlante Eolico. Esso include la legge di resistenza geostrofica, la teoria della similarità nello strato superficiale, una teoria sulle modificazioni del flusso dovute al cambio delle caratteristiche della superficie, un modello per il calcolo dell'influenza dell'effetto-barriera (shelter) ad una certa distanza dall'ostacolo, ed infine il modello che descrive il flusso su territori collinari. La base statistica poggia sull'assunto che le funzioni di distribuzione di Weibull siano applicabili con successo ai dati di vento. Di conseguenza, questo capitolo descrive le funzioni di Weibull e le procedure usate per l'interpolazione. Nel Capitolo 9 si dimostra la validità dei modelli mediante i confronti tra le statistiche derivanti da misure e quelle prodotte con i codici di calcolo.

Indice

Presentazione	5
Sommario	6
Contenuto dell’Atlante del Vento	7
Prefazione e ringraziamenti	12
1 Introduzione all’Atlante del Vento	15
I LA RISORSA EOLICA	27
2 Le risorse eoliche in Europa	29
2.1 Caratteristiche climatiche del vento in Europa	30
2.2 Mappe di risorse eoliche	33
2.3 Legenda delle mappe di risorse eoliche	36
II LA DETERMINAZIONE DELLA RISORSA EOLICA	39
3 Concetti generali	41
3.1 La rugosità del terreno	42
La lunghezza di rugosità	42
3.2 Effetto-barriera alle spalle di ostacoli	45
3.3 Effetto dovuto alle variazioni di altitudine del terreno	47
4 Potenziale di energia eolica regionale	53
4.1 Uso delle mappe di risorse eoliche	53
Zone costiere	56
Aree montuose	56
5 Caratterizzazione eolica del sito	59
5.1 Selezione della climatologia del vento per un sito	59
5.2 Classificazione della rugosità e calcolo delle statistiche di un sito . .	61
Calcolo della densità di potenza media	62
Calcolo dei parametri di Weibull	63
5.3 Calcolo dell’effetto-barriera	71
5.4 Orografia	72

6	Produzione di potenza	79
6.1	Calcolo della produzione media di potenza	79
6.2	Funzione della densità di potenza	84
6.3	Curva di durata di potenza	84
6.4	Ottimizzazione della produzione di potenza	85
7	Statistica e climatologia delle stazioni	93
7.1	Descrizione delle stazioni e tavole statistiche	94
	Descrizione delle stazioni	94
	Sommario dei dati grezzi	94
	Climatologia regionale e valori medi	95
7.2	Le impronte climatologiche del vento	95
7.3	Statistiche e climatologia delle stazioni	97
	Italia	104
	Statistica dei radiosondaggi	167
III	I MODELLI E L'ANALISI	173
8	Il modello per l'Atlante del Vento	175
8.1	Le basi fisiche	175
	Leggi di similarità nello strato superficiale	176
	Legge di resistenza geostrofica e vento geostrofico	177
8.2	Modello per la stabilità	177
8.3	Modello per il cambio di rugosità	181
8.4	Il modello per l'effetto-barriera	183
8.5	Il modello per l'orografia	185
8.6	La base statistica	188
	I concetti base	188
	La distribuzione di Weibull	191
8.7	Il modello di analisi dell'Atlante del Vento	194
8.8	Modello applicativo dell'Atlante del Vento	196
8.9	Dati meteorologici e descrizione delle stazioni	197
	Statistiche da radiosondaggio	201
8.10	Limitatezza dei dati e dei modelli	202
9	Verifica della metodologia dell'Atlante del vento	205
9.1	Confronto fra stazioni	205
9.2	Validazione per alcune torri meteorologiche	225
10	Bibliografia	229
10.1	Pubblicazioni citate nel volume	229
10.2	Studi Europei sulla climatologia del vento	232
	Bibliografia della climatologia del vento per argomento e nazione	233
	Pubblicazioni elencate per nazione	235

Appendici	242
A Lista dei simboli	243
B Tavole Ausiliarie	247
C Criteri di selezione e questionario	259
D Il dischetto dei dati	263

Prefazione e ringraziamenti

L'Atlante Europeo del Vento é il risultato di uno studio sulle condizioni climatiche del vento nei Paesi della Comunità Europea.

Tale ricerca, iniziata nel 1981 e conclusasi alla data di pubblicazione del presente volume, é stata condotta da parte dei Paesi CEE sotto la sponsorizzazione della Commissione delle Comunità Europee. L'Atlante Eolico é parte del programma di ricerca e sviluppo sull'energia eolica, diretto da W. Palz della Commissione.

Questo Atlante é un tentativo di presentare i dati climatici del vento dei Paesi CEE in modo consistente e coerente e di fornire una metodologia per il loro uso nella valutazione delle risorse eoliche. É previsto dalla Commissione che i prossimi Atlanti possano essere integrati da ulteriori dati ed estesi ad altri Paesi.

Il Risø National Laboratory (Danimarca) ha avuto l'intera responsabilità del coordinamento del progetto e cioè del lavoro teorico, del modello numerico, dell'analisi dei dati e delle relazioni. La principale responsabilità dei Paesi partecipanti é stata quella di fornire, per quanto possibile, i migliori dati meteorologici e le migliori descrizioni delle stazioni, unitamente ad una revisione e ad una critica costruttiva del lavoro eseguito e dei risultati prodotti.

Al momento della pubblicazione, il gruppo di lavoro era costituito dai seguenti membri:

Ludo van der Auwera
Koninklijk Meteorologisch Instituut
Brussels
Belgio

Liam Burke
Meteorological Service
Dublin
Irlanda

Philippe Duchêne-Marullaz
Centre Scientifique et Technique
du Bâtiment
Nantes, Francia

Demetrios Lalas
Lamda Technical, Ltd.
Athens
Grecia

Alfredo Lavagnini
Istituto di Fisica dell'Atmosfera
Roma
Italia

Casimiro Mendes
Instituto Nacional de Meteorologia
e Geofísica
Lisbona, Portogallo

Bill Moores
Meteorological Office
Bracknell
Inghilterra

Pablo Moreno
PMSA Compañía Española
de Investigación en Energía
Madrid, Spagna

Erik Lundtang Petersen
Risø National Laboratory
Roskilde, Danimarca

Ib Troen
Risø National Laboratory
Roskilde, Danimarca

Monika Ulbricht-Eissing
 Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt
 Hamburg
 Germania (FRG)

Jon Wieringa
 Koninklijk Nederlands
 Meteorologisch Instituut
 De Bilt, Olanda

Lo studio ha inoltre beneficiato della collaborazione delle seguenti persone che, o hanno partecipato al lavoro di gruppo per un limitato periodo di tempo, oppure hanno fornito il loro contributo in una o più riunioni:

Belgio:	L. Malet
Danimarca:	N.O. Jensen, S.E. Larsen e N.G. Mortensen
Francia:	C. Sacré
Germania (FRG):	H. Schmidt e W. Thommes
Italia:	G.A. Dalu e A.M. Sempreviva
Olanda:	A.P. van Ulden
Regno Unito:	B. Shearman and R.J. Adams

Le statistiche mostrate per l'Italia derivano da dati forniti, in parte con il permesso del Servizio Meteorologico Nazionale – si ringrazia per questo l'allora Capo Gen. S. Palmieri – ed in parte con il permesso dell'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica, per conto del quale ha collaborato G. Botta, a cui va il ringraziamento. A. Restivo, dell'Università di Oporto, ha fornito i dati del traliccio Ferrel in Portogallo; B. Tamelin, del Finnish Meteorological Institute, ha fornito i dati del traliccio di Kivenlahti in Finlandia; G. Tunell, dello Swedish State Power Board, e R. Krieg, dello Swedish Meteorological and Hydrological Institute, hanno fornito i dati del traliccio Näsudden in Svezia; K. Hedegård, del Danish Meteorological Institute, ha fornito informazioni sulle stazioni danesi; J.A. Børresen, del Norwegian Meteorological Institute, ha fornito dati e informazioni sul vento geostrofico sul mar del Nord, e R. Smith, della Yale University, USA, è stato consultato all'inizio del progetto in merito all'effetto dei sistemi orografici sul vento. Le informazioni topografiche di base relative al territorio europeo sono state riprodotte con il permesso dell'Esselte Map Service svedese. Siamo grati a tutti per la collaborazione offerta.

Molti nostri colleghi del Dipartimento di Meteorologia ed Energia Eolica del Risø National Laboratory ci sono stati di grande aiuto con critiche costruttive e con suggerimenti. Vogliamo ringraziare in modo particolare Niels Otto Jensen e Niels Gylling Mortensen. Due dei modelli basilari per calcolare l'Atlante del Vento (quello relativo al cambio di rugosità del terreno e quello del flusso su di una collina) non si sarebbero potuti realizzare senza l'attiva collaborazione di Niels Otto Jensen.

I calcoli finali e la presentazione dei risultati, come pure la stesura e la redazione dell'Atlante, hanno beneficiato in modo significativo del sostanziale contributo di Niels Gylling Mortensen.

Nella fase finale della stesura del manoscritto, L. Crossby ha fornito la sua preziosa assistenza linguistica ed editoriale.

Un ringraziamento speciale va ai tanti colleghi che nei diversi dipartimenti del Risø ci hanno aiutato oltre il dovuto in vari settori quali la realizzazione fotografica, l'assistenza nel calcolo, la preparazione delle mappe, la dattilografia, le fotocopie e tutto il resto.

Ringraziamo con grande piacere l'eccellente collaborazione di W. Palz della Commissione, il cui supporto continuo, sia scientifico che amministrativo, ed il cui interesse, mai venuto meno, è stato inestimabile.

Vogliamo inoltre esprimere il nostro apprezzamento per la proficua collaborazione avuta con W. Schnell, E. Van der Voort e G. Caratti della Commissione e con B. Rasmussen, consulente della Commissione stessa. Fu con profondo rammarico che, nel Novembre 1985, ricevemmo la notizia della morte prematura di Werner Schnell. Il suo interesse entusiasta per il progetto dell'Atlante Eolico ci è stato di grande aiuto e sentiamo la sua mancanza.

Noi speriamo che questa pubblicazione, contenente le statistiche climatologiche del vento per tutte le aree della CEE, basate su sequenze di dati selezionati ed analizzati con cura e su modelli sviluppati in base alle più accreditate teorie contemporanee, possa adempiere alla preziosa funzione di fornire una autorevole, sebbene inevitabilmente incompleta, base di calcolo delle risorse eoliche sul territorio CEE. L'obiettivo di arrivare ad una tanto attesa pubblicazione è stato senza dubbio il costante riferimento, sia della Commissione che del gruppo di lavoro dell'Atlante Eolico, durante i sette anni di studio. Noi siamo in debito con la Commissione per aver avuto fede nel progetto per molti anni e per aver fornito i fondi necessari.

Ringraziamo ancora l'eccellente ed ispiratrice collaborazione avuta con i colleghi ed amici del gruppo di lavoro.

Alcuni modelli usati nell'analisi sono stati sviluppati appositamente per questo studio. La metodologia, basata sulla legge di resistenza geostrofica e sulla similarità nello strato superficiale, non sono mai state applicate prima d'ora ad una regione vasta e topograficamente disomogenea. Per questa ragione, in certe fasi dello studio, ci siamo avventurati in campi sconosciuti, talvolta con la fiducia che veniva meno sul fatto che lo studio potesse finalmente condurre a risultati accettabili, o se invece, le molte complicazioni potessero rendere ciò impossibile, costringendoci a ripiegare su semplici metodi tradizionali di analisi dei dati. Anche dopo lunghi periodi di silenzio da parte nostra, il gruppo di lavoro fu sempre pronto a discutere e a suggerire; per questo gli dobbiamo molto.

L'esperienza acquisita attraverso questo studio ci permette di affermare che le statistiche climatologiche calcolate sono soddisfacenti, per la maggior parte degli scopi pratici, e sono spesso assai meglio di quanto ci si aspettasse. Crediamo fermamente che l'Atlante Europeo del Vento si dimostrerà un'utile fonte d'informazioni. È stato certamente un piacere, un privilegio ed un insegnamento partecipare alla sua realizzazione.

Risø National Laboratory, Denmark

Ib Troen ed Erik Lundtang Petersen

Capitolo 1

Introduzione all'Atlante del Vento

L'Atlante Europeo del Vento mira a stabilire la base meteorologica per la valutazione dei potenziali eolici. L'obiettivo principale é quello di fornire i dati necessari a stimare l'energia eolica potenzialmente disponibile per l'installazione di turbine eoliche che producono elettricit . Esso fornisce inoltre le informazioni e le indicazioni relative agli aspetti meteorologici per la ricerca dei siti d'installazione di generatori eolici grandi e piccoli.

Una importante propriet  dell'energia eolica   che la resa energetica di un aerogeneratore cresce con la terza potenza della velocit  del vento. Pertanto, nel caso di valutazioni energetiche, la precisione richiesta alla statistica del vento   pi  elevata che per altri scopi.

Un'altra notevole caratteristica del vento   quella costituita dalle variazioni stagionali ed annuali delle sue condizioni. Un'accurata determinazione della climatologia del vento richiede che si tenga conto di tali variazioni, il che comporta la necessit  di disporre di dati anemometrici di vari anni perch  si possano eseguire i calcoli.

Di conseguenza, l'applicazione di misure di vento al calcolo dell'energia eolica, necessita di serie temporali di dati lunghe e di elevata qualit . Lo studio che ha portato all'Atlante ha avuto, per fortuna, la possibilit  di selezionare sequenze di dati di alta qualit  dalle molte e buone misurazioni eseguite negli aeroporti, nelle stazioni climatologiche e sulle navi-faro dislocate in tutta l'Europa.

La velocit  del vento misurata in una stazione meteorologica   determinata principalmente da due fattori: il sistema meteorologico globale, che in genere ha una estensione di alcune centinaia di chilometri, e la topografia circostante la stazione, fino ad alcune decine di chilometri. A voler essere rigorosi, un uso diretto delle misure di vento per il calcolo della risorsa eolica, porta a delle stime di energia che sono rappresentative soltanto del punto in cui   situata la strumentazione anemometrica. Pertanto, l'uso delle statistiche di misure anemometriche per calcolare la risorsa eolica di una regione, richiede preventivamente dei metodi di trasformazione delle stesse. Nello studio dell'Atlante del Vento   stato dedicato un grande sforzo allo sviluppo di tali metodi, ottenendo come risultato un insieme completo di mo-

delli per la estrapolazione orizzontale e verticale dei dati meteorologici e per la stima delle risorse eoliche. I modelli sono basati sui principi fisici del flusso che si muove nello strato limite planetario e tengono conto dell'effetto di differenti condizioni superficiali, dell'effetto-barriera dovuto a edifici o ad altri ostacoli e della modifica del vento indotta dalle peculiari variazioni di livello del suolo circostante la stazione meteorologica considerata. La Figura 1.1 illustra come i modelli utilizzano le misure anemometriche per calcolare la climatologia eolica regionale. La figura mostra inoltre la metodologia di applicazione dell'Atlante del Vento, in cui le climatologie eoliche regionali vengono usate come input per i modelli che producono le climatologie eoliche di siti particolari. Tali modelli sono descritti in dettaglio nel Capitolo 8.

Per calcolare le climatologie regionali, sono state selezionate più di duecento stazioni meteorologiche nel territorio della Comunità Europea. I risultati di 208 fra queste stazioni sono presentati nel Capitolo 7: *Statistica e climatologia delle stazioni*. Le stazioni sono mostrate nella mappa delle risorse eoliche nel Capitolo 2 ed elencate in Tabella 7.1. Per ogni stazione è stata acquisita una sequenza di misure meteorologiche, rilevate ogni tre ore, per un periodo di circa 10 anni. Inoltre è stata raccolta un'accurata descrizione di ogni singola stazione e dei suoi dintorni, contenente:

- la classe di territorio di appartenenza, ad es. superfici d'acqua, zone di aperta campagna (libere da ostacoli), foreste, etc.
- gli ostacoli circostanti, come edifici, frangivento, etc.
- le variazioni di quota del terreno (orografia).

La classificazione del territorio comprende quattro classi di rugosità, ognuna corrispondente ad un certo tipo di terreno. Le classi di rugosità sono descritte ed illustrate nelle Figure 1.2–1.5, che danno inoltre la relazione tra lunghezza di rugosità e classe di rugosità, la prima delle quali è la lunghezza di scala comunemente usata per caratterizzare la rugosità di un territorio.

Nel Capitolo 7, viene data una descrizione di ogni stazione unitamente alla loro caratterizzazione in termini di rugosità. Viene fornita inoltre un'analisi dei dati misurati che mostra le frequenze di occorrenza delle velocità del vento secondo dodici settori di direzione e le medie orarie per ogni mese.

Al fine di calcolare le caratteristiche climatiche regionali, le descrizioni delle stazioni, opportunamente inserite nei modelli di calcolo, hanno consentito di trasformare i dati di velocità e direzione del vento misurati in ogni singola stazione, nelle misure che si sarebbero ottenute nello stesso punto se la stazione considerata avesse avuto le seguenti caratteristiche:

- situata su terreno pianeggiante ed omogeneo
- nessun ostacolo circostante
- con misure rilevate a 10, 25, 50, 100 e 200 m d'altezza dal suolo.

Ad esempio, uno dei gruppi di dati trasformati, rappresenta le misure di velocità e direzione del vento, come se fossero state rilevate su mare aperto a 50 metri di altezza dalla superficie.

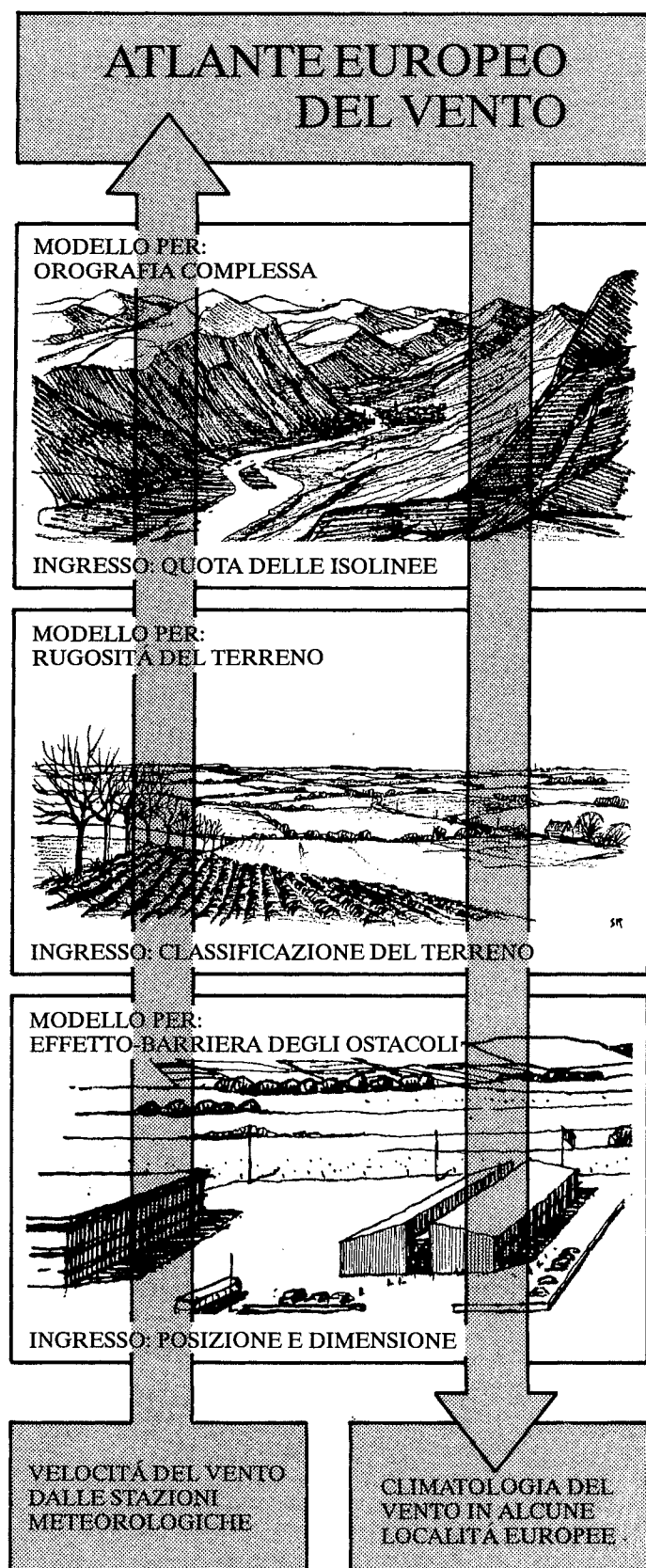


Figura 1.1. Metodologia dell'Atlante Eolico. I modelli meteorologici sono usati per calcolare le climatologie eoliche regionali a partire dai dati grezzi. Nel processo inverso – l'applicazione dell'Atlante Eolico – la climatologia eolica di ogni sito particolare può essere calcolata dalla climatologia regionale.

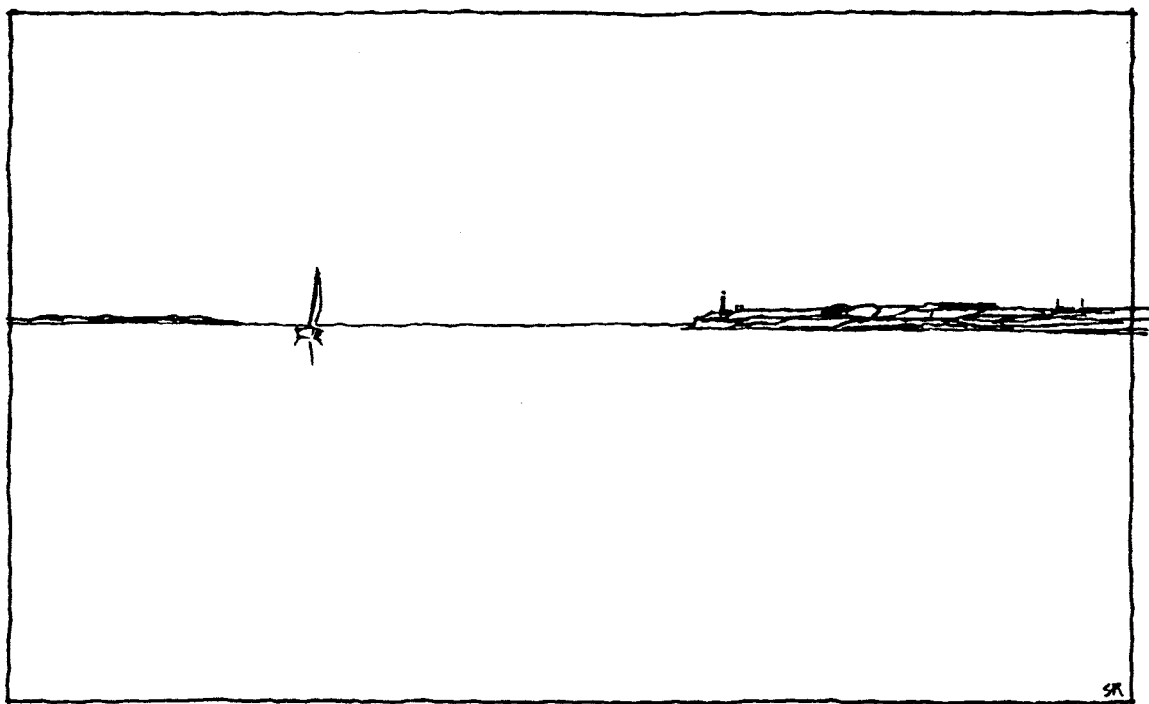


Figura 1.2. Esempio di terreno corrispondente alla classe di rugosità 0: superfici d'acqua ($z_0 = 0.0002 \text{ m}$). Questa classe comprende il mare, i laghi e i fiordi.

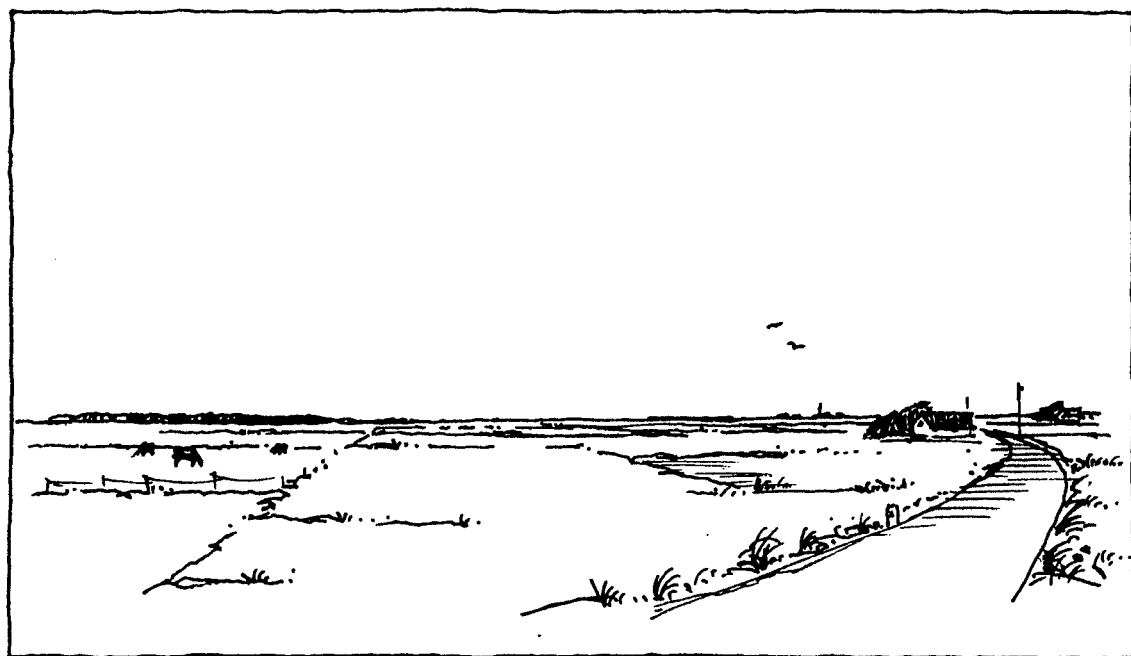


Figura 1.3. Esempio di terreno corrispondente alla classe di rugosità 1: aree aperte con pochi frangivento ($z_0 = 0.03 \text{ m}$). Il terreno appare molto aperto alla vista ed è piatto o dolcemente ondulato. Possono essere presenti fattorie isolate con poche file di alberi ed arbusti che interrompono l'omogeneità del paesaggio.



Figura 1.4. Esempio di terreno corrispondente alla classe di rugosità 2: zona di campagna con frangivento, separati tra loro mediamente di oltre 1000 m, con alcune aree edificate sparse ($z_0 = 0.10$ m). Il territorio è caratterizzato da grandi aree libere in mezzo a molti frangivento, che mostrano un paesaggio aperto alla vista. Il terreno può essere piatto oppure ondulato. Vi sono molti alberi ed edifici.

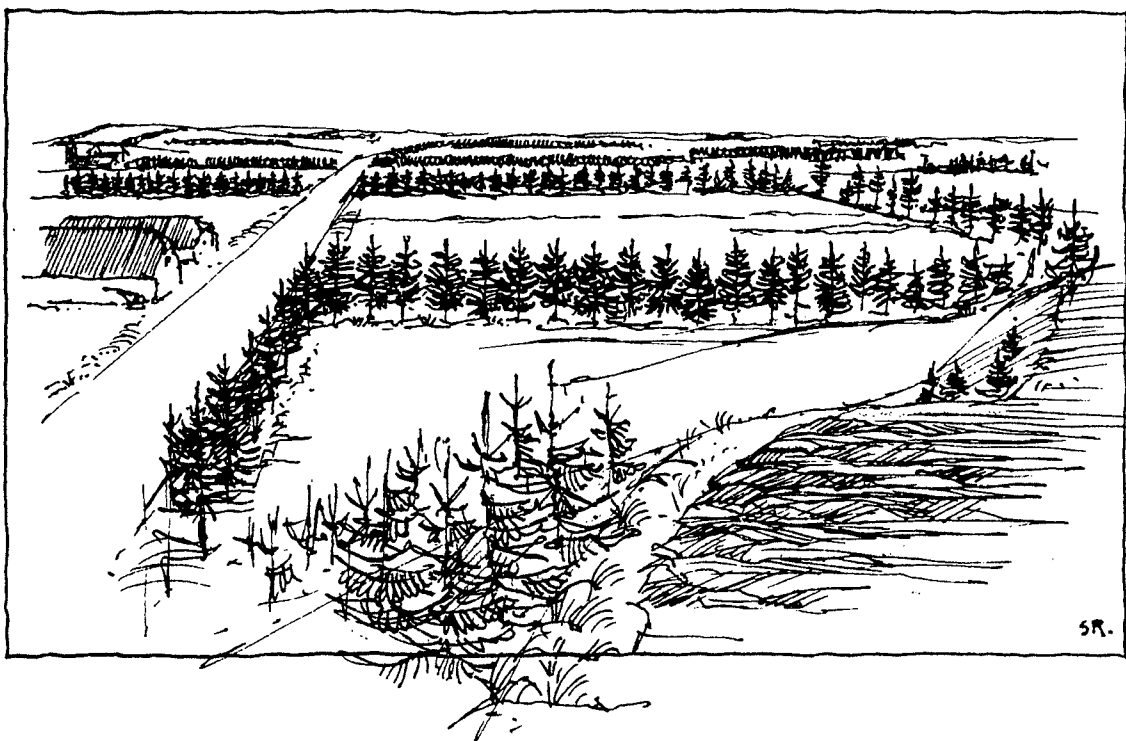


Figura 1.5. Esempio di terreno corrispondente alla classe di rugosità 3: distretti urbani, foreste e zone di campagna con molti frangivento ($z_0 = 0.40$ m). Le zone di campagna sono caratterizzate da molti frangivento spaziate di poco. La distanza media tra loro è di qualche centinaio di metri. Le foreste e le aree urbane appartengono a questa classe.

I dati di ogni stazione sono stati trasformati in 20 gruppi di dati: secondo quattro classi di rugosità e cinque altezze standard. Questi 20 gruppi, per ognuna delle 208 stazioni, costituiscono la base della climatologia eolica regionale. Infatti, mediante un processo di trasformazione, le serie originali sono state – *per quanto possibile* – trasformate e depurate dall'influenza della topografia, in modo che divenissero *rappresentative su scala regionale*.

La rappresentatività regionale dei dati trasformati dipende strettamente dalla complessità della topografia e dagli ostacoli circostanti la stazione meteorologica. La rappresentatività di una stazione si riduce drasticamente con il crescere della complessità dell'orografia circostante. Per poter distinguere le stazioni e giudicare se i loro risultati sono applicabili alle zone limitrofe, i paesaggi caratteristici d'Europa sono stati classificati in cinque tipi di territorio, a seconda dell'influenza che l'orografia ha sul flusso atmosferico. Essi sono definiti ed illustrati nelle Figure 1.6–1.10.

Le statistiche trasformate delle stazioni poste nei tipi di territorio 1 e 2 possono essere correttamente applicate a regioni dell'estensione di circa 200×200 km. Le statistiche delle stazioni situate nei tipi di territorio 3 e 4 possono essere applicate a regioni di grandezza simile o più limitata, a seconda delle singole situazioni. Spesso queste stazioni si trovano in ampie vallate o ai piedi di regioni collinari che lentamente risalgono verso grandi massicci montuosi. Assai spesso le stazioni poste in territori del tipo 5 sono rappresentative soltanto dell'area circostante le stazioni stesse.

Occorre mettere in evidenza che le climatologie regionali, e cioè i 20 gruppi di dati trasformati ottenuti da ogni stazione, derivano da dati misurati a bassa quota, generalmente a 10 metri di altezza.

La trasformazione e l'uso di tali dati potrebbero condurre a grandi incertezze non solo nelle estrapolazioni orizzontali, ma anche nella trasformazione verticale per quote superiori a 200 metri. Le teorie fisiche su cui sono basate le procedure di trasformazione verticale hanno dimostrato la loro validità per altezze superiori a 100 metri circa, attraverso un confronto con sequenze di dati rilevati su torri meteorologiche. Oltre i 100 metri esistono pochi dati e, sebbene la verifica presentata nel Capitolo 9 mostri un buon accordo tra i risultati derivanti dalle misure e quelli prodotti con il modello, le statistiche calcolate per altezze superiori a 100 metri sono associate ad incertezze maggiori di quelle relative ai livelli inferiori.

La statistica più importante che si può ottenere da una sequenza di dati anemometrici per stimare le risorse eoliche, è la *funzione di distribuzione di probabilità*. Ciò perché, una volta calcolata questa funzione per un determinato sito, l'energia media annua prodotta da un qualsiasi aerogeneratore installato nello stesso sito, si ottiene semplicemente integrando il prodotto di tale funzione per la curva di potenza del generatore stesso.



Figura 1.6. Paesaggio europeo di tipo 1: pianure, superfici d'acqua, e regioni depressionarie lontane dalle montagne. I venti in prossimità della superficie sono modificati soltanto dal cambio di rugosità del terreno e dall'effetto-barriera dovuto ad ostacoli.

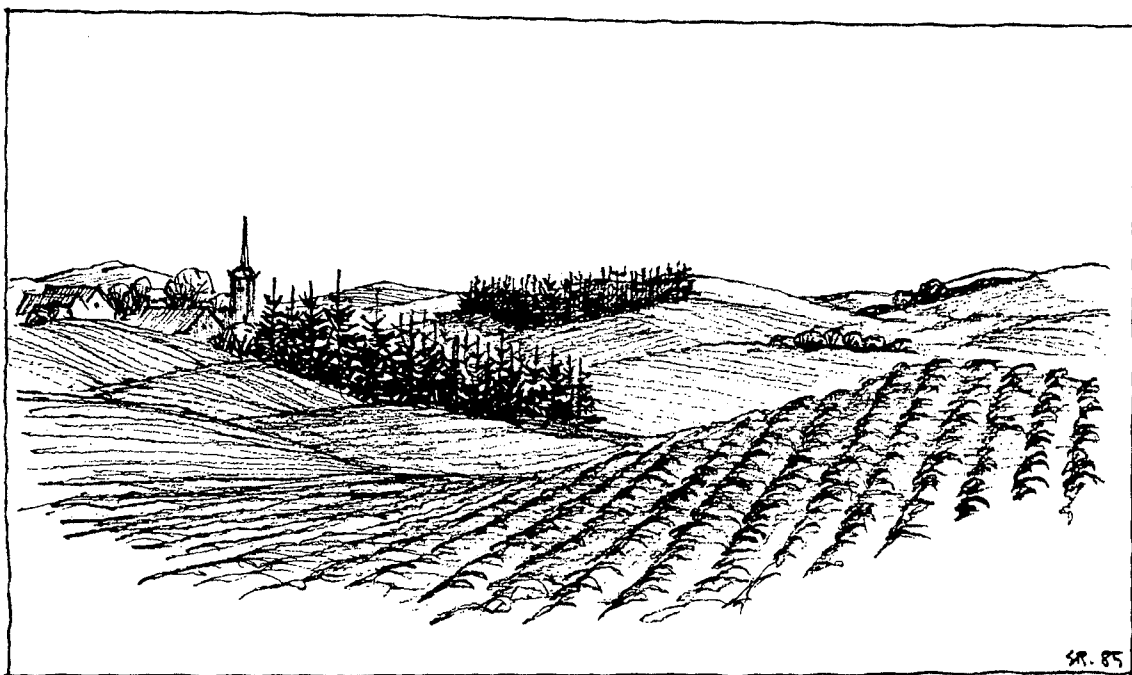


Figura 1.7. Paesaggio europeo di tipo 2: regioni collinari, dolcemente ondulate, lontano dalle montagne. Le dimensioni orizzontali tipiche delle colline sono inferiori a qualche chilometro. I venti in prossimità della superficie sono modificati dal cambio di rugosità del terreno, dagli ostacoli e – cosa più importante – dall'accelerazione indotta dalle colline.

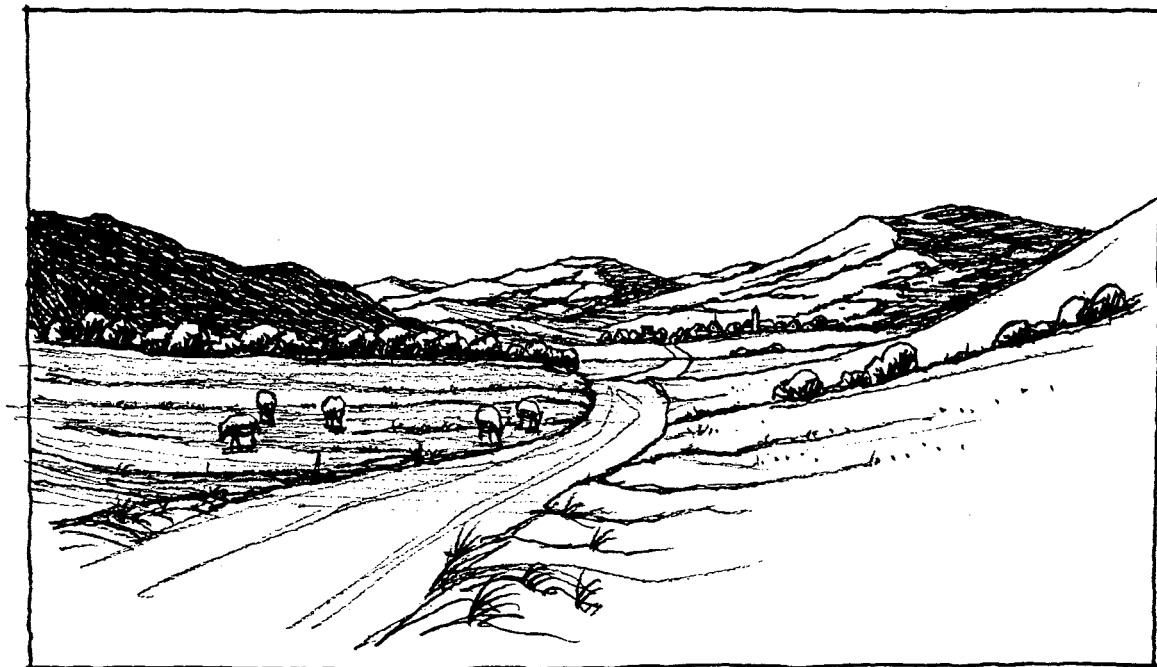


Figura 1.8. Paesaggio europeo di tipo 3: regioni fortemente ondulate e di alta quota ('Mittelgebirgs-relief'). Le dimensioni orizzontali tipiche delle colline sono di alcuni chilometri. I venti in prossimità della superficie sono modificati dalla topografia così come per il paesaggio di tipo 2. Inoltre, le caratteristiche orografiche a grande scala possono indurre forti modifiche all'intero strato limite planetario.



Figura 1.9. Paesaggio europeo di tipo 4: regioni pedemontane. In queste regioni fortemente scoscese si verificano caratteristici regimi di vento persistente quali: Föhn, Bora, Maestrale e Tramontana. Questi flussi sono causati da processi come canalizzazione, deflessione, discesa sottovento ed intensificazione idraulica.

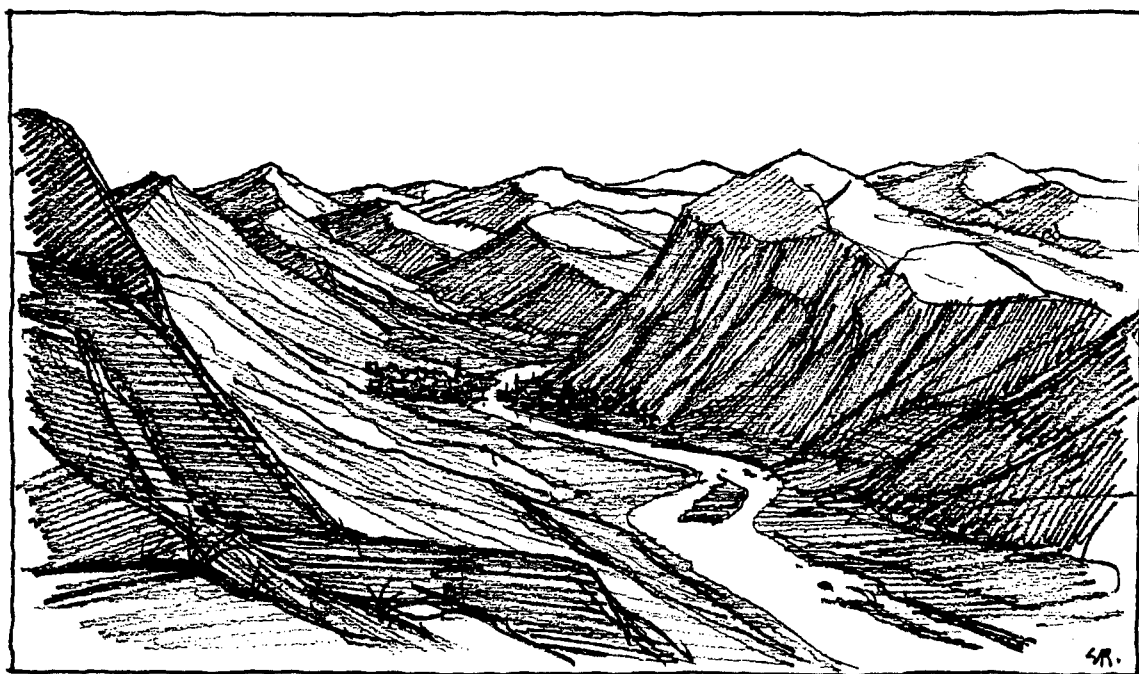


Figura 1.10. Paesaggio europeo di tipo 5: elevati massicci montuosi separati da profonde valli. I venti sui picchi possono essere rappresentativi dei valori rilevati in atmosfera libera, in funzione delle particolari condizioni. Nelle valli dominano i venti indotti termicamente tra monte e valle. Eccetto che per il föhn dal lato sottovento, i venti presenti nelle valli sono disaccoppiati da quelli presenti in atmosfera libera.

Una ipotesi basilare dell'Atlante del Vento é che le misure anemometriche siano distribuite secondo la *distribuzione di Weibull*, mostrata in Fig. 1.11 e spiegata piú avanti nel Capitolo 8.

Come mostrato in Fig. 1.11, la distribuzione di Weibull fornisce generalmente una interpolazione oltremodo soddisfacente delle velocità del vento osservate e ciò si é dimostrato vero anche per la maggior parte delle 208 stazioni analizzate. Poiché nel Capitolo 7 vengono presentati, sia gli istogrammi dei dati grezzi che i parametri della distribuzione di Weibull interpolata, il lettore potrà giudicare da sé la bontà della interpolazione per ogni singola stazione. I parametri di Weibull, interpolati sui 20 gruppi di dati di vento trasformati, si trovano sotto le colonne intitolate *Totali* tra le statistiche della stazione. Se si vogliono determinare le risorse eoliche in siti in cui la classe di rugosità cambia con la direzione – come ad esempio una località costiera – ognuno dei 20 gruppi di dati di vento deve essere diviso ancora in 12 gruppi per tener conto della direzione. I parametri della funzione di distribuzione di Weibull, interpolati sulle sequenze di dati di velocità/direzione del vento, sono presentati anch'essi nelle statistiche delle stazioni. Queste contengono infine una tabella con i valori di velocità media del vento e del corrispondente contenuto di energia media del vento, per quattro classi di rugosità e cinque altezze standard. Tali valori, relativi a 208 stazioni, costituiscono la base delle mappe di energia e di velocità media illustrate nel Capitolo 2.

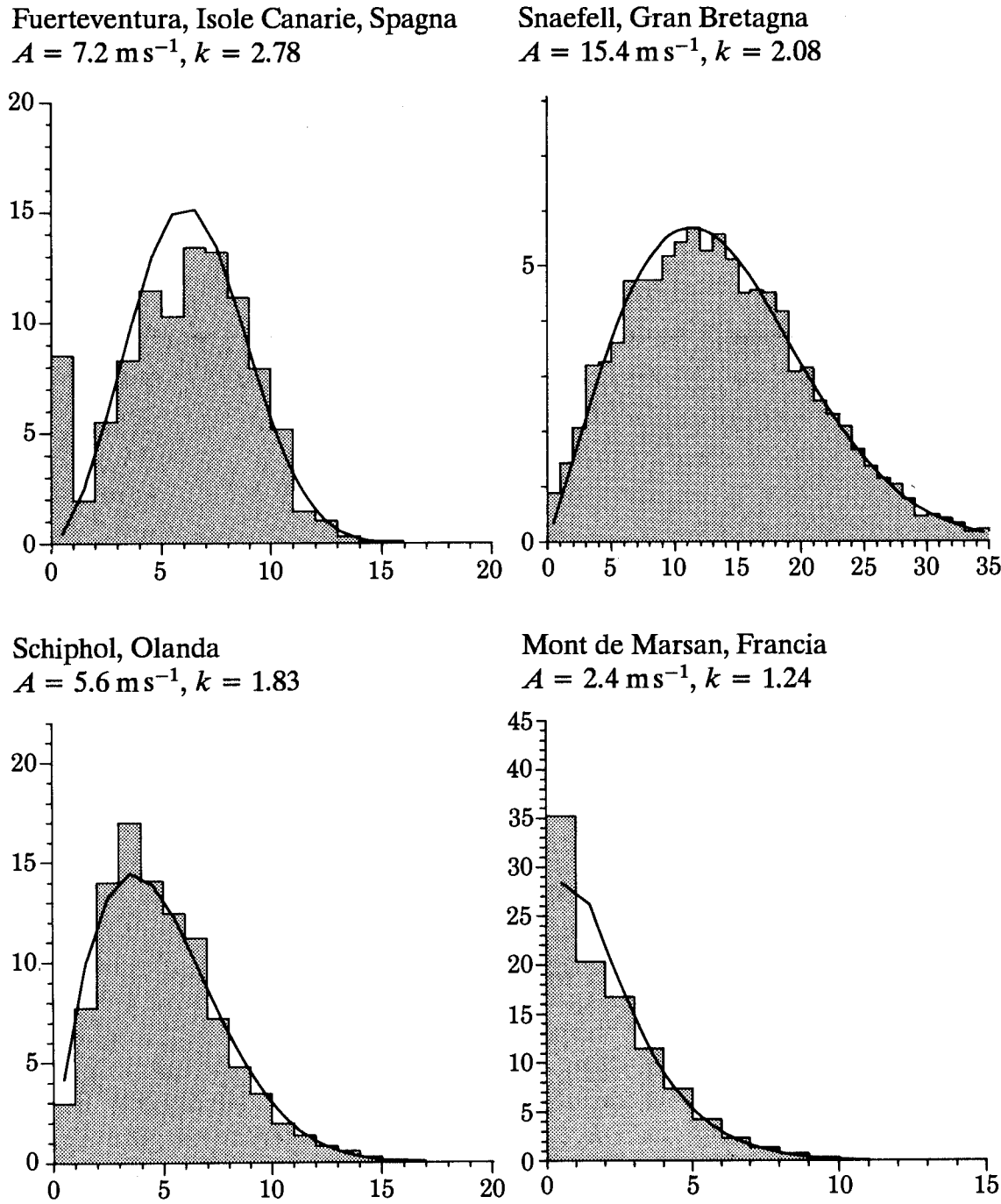


Figura 1.11. Istogramma delle misure anemometriche ed interpolazione della funzione di distribuzione di Weibull corrispondente, per quattro diverse stazioni usate nell'Atlante. Per ogni stazione vengono dati i parametri di Weibull: il parametro di scala A è legato al valor medio della velocità del vento ed il parametro di forma k determina la forma della curva di Weibull. Si veda il Capitolo 8 per ulteriori dettagli. Asse orizzontale: velocità del vento in metri al secondo. Asse verticale: frequenza delle occorrenze in percento.

Va ricordato che la validità delle statistiche derivate da una singola stazione dipendono, sia dalla qualità dei dati che dalla quantità d'informazioni disponibili. Per talune stazioni l'informazione è stata meno dettagliata, per varie ragioni. Ad es. le fotografie di alcune stazioni situate in aeroporti sono classificate materiale d'interesse militare e pertanto non disponibili per il presente studio. È probabile che un utente dell'Atlante possa in realtà disporre, per alcune stazioni, di descrizioni più accurate di quelle che si sono rese disponibili per questo studio. Può anche darsi che egli voglia estendere l'Atlante ed includere altre stazioni. In questo caso, può ricalcolare le statistiche presenti nell'Atlante ed aggiungerne altre derivanti da nuove stazioni per mezzo del programma di calcolo menzionato in precedenza – the Wind Atlas Analysis and Application Programme –. Infatti, per produrre tutte le statistiche regionali dell'Atlante, è stata usata proprio la parte di questo programma che esegue l'analisi dei dati.

Esistono vari altri studi di climatologia del vento, alcuni dei quali sono elencati nel Capitolo 10. Gran parte di questi studi, invece della particolare metodologia che analizza gli effetti topografici adottata nel presente Atlante, si limitano ad applicare l'analisi statistica ai dati misurati. In alcuni di essi, all'analisi statistica si aggiungono correzioni rudimentali dei dati, derivanti dalle diverse condizioni di osservazione. A causa della grande variabilità delle condizioni del vento dovute alle differenze della topografia locale, il livello di dettaglio presente in molti di questi studi può fuorviare. Ciò avviene in particolare, quando le mappe sono ottenute mediante interpolazione delle velocità del vento tra una stazione e l'altra.

I dati che formano la base del presente Atlante coprono, nella maggior parte dei casi, un periodo di dieci anni: dal 1970 al 1980. L'attività climatologica spesso richiede come base di studio un periodo di 30 anni. Perciò sorge la domanda: quanto deve essere lungo il periodo di misura affinché sia rappresentativo del clima a più lungo termine, ed un'altra – più importante – quanto grande è la deviazione che ci dobbiamo aspettare nei decenni futuri?

Uno studio sulla variabilità climatica nel Nord Europa (Larsen et al., 1988) mostra che l'energia eolica media durante gli anni settanta è stata vicina alla media del periodo 1873-1982. Lo studio tuttavia mostra pure che, da un decennio all'altro, ci si possono aspettare variazioni superiori al 30%. La Figura 1.12 illustra tale variabilità.

In un altro studio (Petersen et al., 1981) di analisi della resa energetica aspettata, su di un periodo di 22 anni, da una turbina a vento alta 45 m, si è trovato che la variazione di potenza interannuale corrisponde ad una deviazione standard relativa media di circa il 13%.

Tale variabilità deve ovviamente essere tenuta in considerazione per una più precisa valutazione dei costi economici nello sfruttamento dell'energia eolica. In confronto con altri importanti fattori come i tassi d'interesse ed il prezzo del combustibile, tale incertezza sulla risorsa eolica non è rilevante in relazione al periodo di vita di un aerogeneratore, che può essere di 20 anni. Dagli studi citati, si può stimare che la variazione della potenza media, passando da un periodo di 20 anni all'altro, abbia una deviazione standard di ≈ 10 per cento o meno.

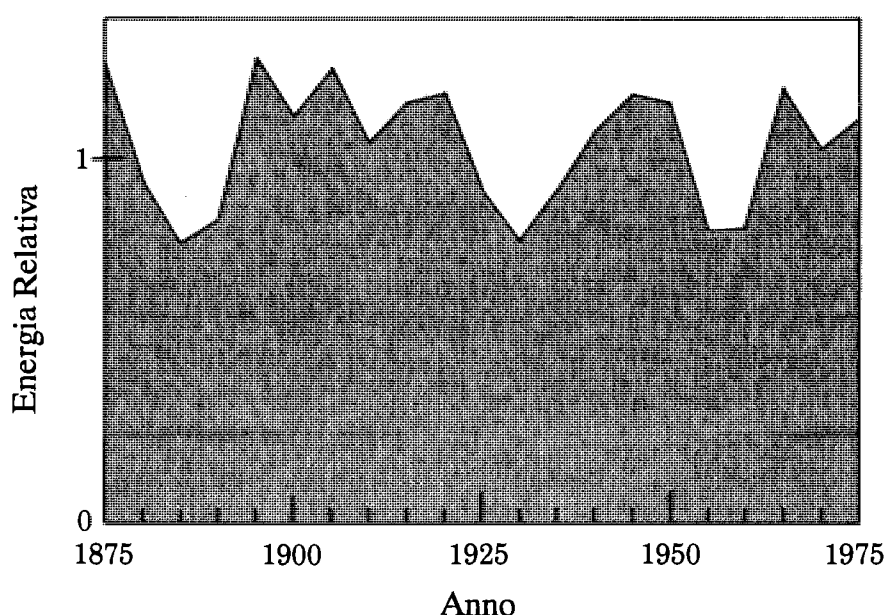


Figura 1.12. Energia media del vento per periodi consecutivi di 5 anni calcolata sulla serie temporale della stazione di Hesselø, Danimarca, 1873–1982 (Larsen et al., 1988).

Risulta evidente da quanto sopra, che l'affidabilità del calcolo della potenza eolica, basato sulle statistiche dell'Atlante del Vento, dipende dall'affidabilità dei dati della particolare stazione da cui le statistiche sono derivate. Una valutazione della qualità dei dati per la maggior parte delle stazioni, può esser fatta per mezzo della descrizione della stazione e del gruppo di figure chiamate *impronte climatologiche del vento* e presentate nel Capitolo 7. Le impronte mostrano la variazione annuale e giornaliera della velocità e della potenza media del vento. Mostrano anche la rosa dei venti, lo spettro della varianza e la deviazione della velocità e della potenza media di ogni mese dalla media annuale. L'ultima statistica consente all'utente di giudicare la variabilità di ogni singolo anno e quindi di scartare o trattare con particolare attenzione stazioni aventi dati con una pronunciata tendenza sul lungo periodo.

Parte I

LA RISORSA EOLICA

Capitolo 2

Le risorse eoliche in Europa

Le risorse di energia eolica variano intensamente attraverso l'Europa passando dal clima marittimo delle Isole Britanniche al clima continentale della Germania centrale, al clima mediterraneo delle Isole Greche. Sulla scala delle energie, tali risorse variano per oltre un fattore dieci. L'energia media associata al vento varia non soltanto su grandi distanze, ma é possibile constatare sostanziali variazioni anche su brevi distanze. Pertanto, dati e metodi affidabili sono il primo requisito per la determinazione delle risorse di energia eolica, sia su scala regionale che su singole località preselezionate.

Lo scopo dell'Atlante é allora duplice: presentare dati di vento e fornire metodologie atte a generalizzare tali dati alle regioni circostanti in modo da usarli per la stima dei potenziali eolici e per la localizzazione dei siti idonei agli aerogeneratori.

Questo Capitolo inizia con una breve descrizione del clima eolico in Europa cosí come si deduce dall'analisi delle stazioni meteorologiche elaborate nell'Atlante del Vento. Per una descrizione piú generale del clima europeo, il lettore puó far riferimento agli estesi volumi "World Survey of Climatology" (Landsberg and Wallén, 1970, 1977). Il Capitolo prosegue con una serie di mappe che consentono di stimare le risorse di energia eolica all'altezza di 50 metri dal suolo. Le mappe delineano la distribuzione geografica secondo cinque classi di energia eolica, ognuna delle quali rappresenta un intervallo di densità di potenza media del vento o di equivalente velocità media; gli intervalli dipendono dalla topografia. Gli intervalli aspettati di densità di potenza media e di velocità media del vento, sono forniti in una tabella, per cinque diverse condizioni topografiche: terreni con presenza di effetti-barriera, aree di campagna aperte e pianeggianti, zone costiere, colline e cime ben esposte. Queste condizioni sono state scelte per illustrare intervalli tipici di energia eolica e le stime dovrebbero essere considerate solo in quanto tali. Si deve tener presente che le caratteristiche locali del territorio possono causare una forte variabilità della potenza media su brevi distanze, specialmente nelle zone costiere e nelle aree montagnose. In generale le mappe non evidenziano la variabilità causata dalle caratteristiche locali del terreno. Esse possono essere usate, insieme alla tabella ed alla conoscenza della topografia locale, per poter ragionevolmente identificare vaste aree con possibili risorse di venti intensi. Si é poi tentato di prevedere la presenza di alcuni regimi

eolici assai locali, favoriti dalla topografia e da grandi differenze della temperatura superficiale. In tali località, gli effetti di concentrazione possono dar luogo ad elevati potenziali eolici. A causa della mancanza di dati, queste località sono state individuate con metodi soggettivi. Esse sono indicate sulle mappe con dei piccoli cerchi. Si noti che gli effetti del Maestrale e della Tramontana – che non appartengono alla categoria dei regimi eolici completamente locali – si riscontrano assai bene nei dati ed appaiono evidenti nelle mappe.

2.1 Caratteristiche climatiche del vento in Europa

I fattori che maggiormente influenzano il regime eolico in Europa sono tre: la grande differenza di temperatura tra l'atmosfera polare al Nord e quella subtropicale al Sud; la distribuzione dei mari e delle terre emerse, con l'Oceano Atlantico ad Ovest, l'Asia ad Est ed il mar Mediterraneo e l'Africa a Sud; terzo, la presenza di barriere orografiche tra le più elevate, come le Alpi, i Pirenei e la catena montuosa scandinava.

Una notevole caratteristica della climatologia eolica europea è quella rappresentata dal regime dei venti dell'Emisfero Settentrionale a circa 40°N, che consiste principalmente nella migrazione di cicloni ed anticicloni, che si muovono in direzione Est o Nord-Est, dal Nord-Atlantico verso l'Europa.¹ Le vigorose correnti settentrionali a 40°N di Latitudine possono essere avvertite a volte attraverso gran parte dell'Europa e perfino sino al mar Egeo; ma in genere, quando i cicloni si muovono dal mare verso l'entroterra, essi perdono velocità e si indeboliscono. Pertanto, lontano dall'Oceano Atlantico, la loro influenza sul clima eolico diminuisce e prevalgono altri effetti.

Da un punto di vista dell'energia del vento, sembra sufficiente distinguere il clima eolico europeo in due tipi:

- climi eolici delle località ove la potenza del vento che può essere convertita, deriva principalmente dai cicloni che si muovono da Ovest verso Est;
- climi eolici delle località ove la potenza del vento che può essere convertita è solo in parte, o per nulla, dovuta ai cicloni che si muovono verso Est.

L'area più intensamente sottoposta all'influenza di sistemi meteorologici che generalmente *si muovono verso Est* è mostrata in Fig. 2.1. La caratteristica del clima eolico di questa parte dell'Europa è che il vento geostrofico medio, cioè quello che si trova a circa 1500 metri di altezza, è ben definito sopra vaste regioni. Un gradiente generale delle caratteristiche climatiche del vento da NO a SE è chiaramente illustrato in Fig. 2.1.

¹I cicloni sono sistemi eolici associati a centri di bassa pressione che si creano lungo il fronte polare che separa le masse d'aria polari fredde da quelle subtropicali più calde.

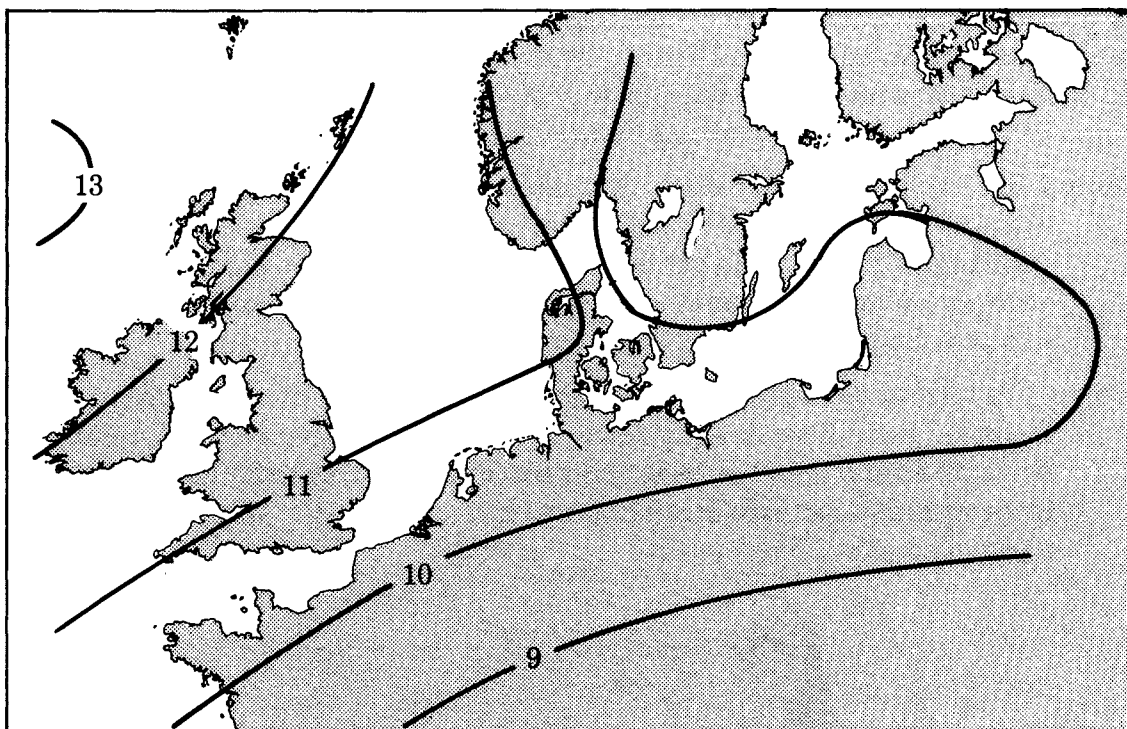


Figura 2.1. Il vento geostrofico medio sull'Europa del Nord in metri al secondo. È basato sui dati di Børresen (1987) e sulle statistiche del Capitolo 7.

Il *secondo tipo* di clima eolico sopra identificato, domina in gran parte delle località situate nelle regioni mostrate in Fig. 2.2, quali l'Africa, il Mar Mediterraneo, le Alpi ed i territori prevalentemente montagnosi che danno luogo a molti sistemi di venti locali come il Maestrone, un forte vento settentrionale che penetra nella valle del Reno e si diffonde lungo la Riviera francese fin dentro il Mediterraneo per lunghi periodi durante l'inverno; lo Scirocco, che porta masse d'aria contenenti grandi quantità di sabbia sahariana attraverso il Mediterraneo fino all'Europa Centrale ed Orientale; i venti Etesii, tipici delle regioni dell' Europa Sud-Orientale, che hanno una considerevole costanza in direzione ed intensità; la Bora in Mar Adriatico, un vento forte con raffiche, che si origina da masse d'aria prorompenti attraverso uno stretto passo situato nelle Alpi; il Levante, un vento dell'Est che soffia sulle coste orientali della Spagna e nello Stretto di Gibilterra; il Verdarro, un vento del Nord che soffia sulle coste settentrionali di Salonicco. Sono noti altri regimi eolici locali quali, ad esempio, la Tramontana. Un fenomeno speciale è il Föhn, che si rileva in molte parti d'Europa. I tipi di Föhn meglio conosciuti sono quelli che si verificano sulle Alpi o intorno ad esse. Il Föhn del Nord è uno strato di aria fredda che trabocca dalla catena delle Alpi, e si presenta lungo le pendici meridionali delle Alpi come un flusso di aria calda e asciutta. Il Föhn del Sud è il contrario: un vento che sale freddo e umido le pendici meridionali delle Alpi e scende da quelle settentrionali caldo e secco.

La descrizione climatologica e la classificazione di una particolare località non sempre è cosa semplice. I dati di base dell'Atlante Eolico sono le funzioni di frequenza delle velocità del vento. Inoltre l'Atlante fornisce le statistiche che descrivono le condizioni climatiche del vento su ogni stazione. Prima di procedere ad una discussione

su questo gruppo di statistiche climatologiche del vento, vale forse la pena considerare le definizioni dei termini “Tempo meteorologico” e “Clima”. H.H. Lamb fornisce al riguardo esaurienti definizioni (ed interessanti informazioni climatiche) nel volume “Climate: Past, Present and Future” (Lamb, 1972):

Tempo é la totalità delle condizioni atmosferiche di un certo sito in un determinato istante – lo stato istantaneo dell’atmosfera e specialmente di quegli elementi che hanno direttamente a che fare con gli esseri viventi. Gli elementi del tempo sono per esempio: temperatura, pressione atmosferica, vento, umidità, copertura nuvolosa, pioggia, soleggiamento e visibilità.

Clima é la totalità delle situazioni di tempo sperimentate in un certo sito nel corso dell’anno, e con il passare degli anni. Poiché le condizioni medie degli elementi del tempo cambiano di anno in anno, il clima può essere definito soltanto su di un determinato periodo di tempo: una selezione di alcuni anni, un particolare decennio o alcuni decenni.

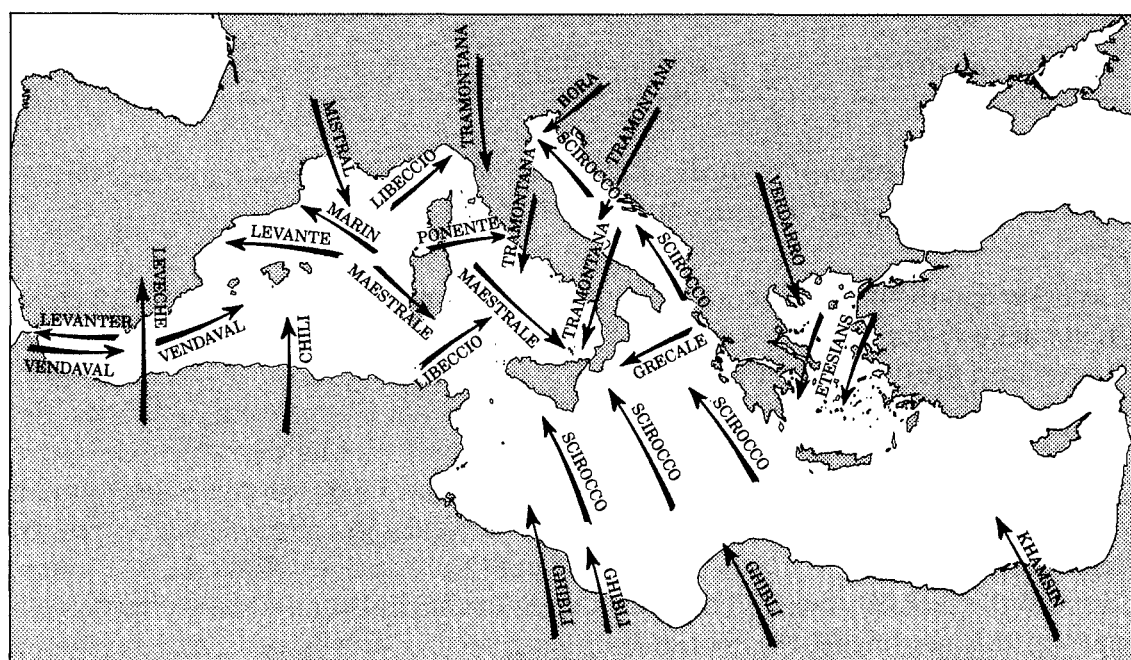


Figura 2.2. Venti principali delle regioni mediterranee. Una breve descrizione di ognuno di essi é data in Huschke (1959). La figura é tratta dalla: Serie Grandi Progetti di Ricerca 3, ENEL, Italia.

Per descrivere la climatologia del vento di una località o di una regione, possono essere prese in considerazione differenti tipi di statistiche del vento. Il gruppo di statistiche fornite per ogni stazione nel Capitolo 7 é stato selezionato sulla base dell’esperienza acquisita durante l’analisi dell’Atlante Eolico, la quale ha dimostrato che le informazioni complessive di questo gruppo di statistiche forniscono generalmente una buona rappresentazione del clima eolico. Ogni raggruppamento di statistiche é organizzato in due tabelle nel *Sommario dei dati grezzi* e ne viene data una rappresentazione grafica mediante cinque figure soprannominate *Impronte climatologiche del vento*. I dettagli delle statistiche sono descritti nel Capitolo 7; qui ne

discutiamo solo due importanti indicatori climatici: l'istogramma delle velocità del vento divise per settore e le variazioni giornaliere e stagionali.

Istogramma delle velocità divise per settore (Funzione di distribuzione delle velocità del vento). Questo è un tipo di rosa dei venti in cui le velocità misurate sono raggruppate per direzione (12 settori) in intervalli di 1 m s^{-1} . Frequenze elevate di basse velocità del vento indicano un clima continentale come quello presente nelle stazioni tedesche di München, di Nürnberg di Stuttgart e/o di stazioni circondate da montagne che le riparano, come per le stazioni francesi di Mont de Marsan, Perpignan e Carcassonne. Per le ultime due stazioni, le statistiche rivelano anche direzioni prevalenti del vento lungo una valle. Le stazioni che sono fortemente sotto l'influenza dei venti occidentali si riconoscono dalle alte frequenze ed alte velocità nei settori intorno a 210° fino a 330° . Esempi sono Belmullet in Irlanda, Benbecula nel Regno Unito, Amburgo in Germania e Cambrai in Francia.

La variazione giornaliera e annuale della velocità del vento le variazioni medie e stagionali della velocità del vento sono spesso dei buoni indicatori di quale sia il tipo di clima eolico. Una piccola variazione giornaliera del clima eolico durante l'anno è caratteristica di un clima oceanico o di siti su sommità elevate: alcuni esempi sono le due navi-faro – Texel (Olanda) e Horns Rev (Danimarca) – e la stazione di Snaefell (Isola di Man, UK, altezza 615 m). Una forte variazione giornaliera durante tutti i mesi è indice di località dell'Europa del Sud, mentre una grande variazione in Estate ed una piccola in Inverno sono caratteristiche assai comuni dell'Europa a Nord delle Alpi. Le variazioni annuali, così come quelle giornaliere, sono influenzate da entrambe le condizioni a larga scala e a scala locale, ma le variazioni annuali sono quelle che generalmente indicano la climatologia regionale. Un esempio sono le Isole Canarie, in Spagna, situate nella fascia degli Alisei, le quali mostrano un massimo durante i mesi estivi, se paragonate con la maggior parte delle stazioni del Nord-Europa che, negli stessi mesi, presentano invece un minimo.

Una completa discussione dei climi locali europei, basata sulle statistiche del Capitolo 7, va oltre gli scopi di questo Atlante. Tuttavia il lettore può ricavare da sé una impressione generale del clima eolico europeo, attraverso uno studio comparato delle dettagliate informazioni fornite nel Capitolo 7.

2.2 Mappe di risorse eoliche

Le risorse eoliche europee sono presentate sottoforma di mappe a 15 colori. Le diverse tonalità simboleggiano le risorse eoliche disponibili. Le mappe possono soddisfare due scopi principali. Il primo di identificare vaste regioni che ben promettono per un diffuso sfruttamento delle risorse eoliche. Il secondo scopo è quello di mostrare le differenze relative di disponibilità eolica tra le aree europee. Le risorse eoliche reali possono variare consistentemente su brevi distanze a causa della topografia e, per mostrare ciò, occorrerebbero mappe di ben più alta risoluzione. Pertanto, per realizzare le mappe, è stato necessario rimuovere l'influenza della topografia locale e considerare soltanto le differenze a scala regionale. Le mappe sono

state compilate usando i dati di tutte le stazioni meteorologiche incluse nell'Atlante Eolico. Le stazioni sono elencate nel Capitolo 7 ed i metodi usati per la rimozione delle influenze locali sui dati, sono descritti attraverso l'intero Atlante, in particolare nel Capitolo 8.²

Quindi le mappe sono state concepite per mostrare la variazione delle risorse eoliche su vaste aree, ad una certa distanza dalle montagne e dalle linee di costa. Il cambio improvviso da un colore all'altro non riflette le risorse eoliche reali, ma é un artificio dovuto alle tecniche illustrative impiegate.

L'impressione data dalle mappe in aree montuose é meno affidabile. Come mezzo per giudicare l'influenza delle montagne, e quindi il grado di affidabilit , le mappe sono state fornite di un segno di riconoscimento, che chiamiamo *rilievo relativo*, e cio  la differenza tra il livello pi  alto e quello pi  basso del terreno, entro un'area di 100 km². Sebbene le mappe non mostrino effetti dovuti alla topografia locale, un'eccezione   stata fatta per ci  che viene definito *effetti di concentrazione locale*. La topografia che favorisce tali effetti   tipicamente costituita da valli e gole degradanti da montagne lungo una direzione parallela ai venti prevalenti su larga scala e con dei restringimenti in alcuni punti. Un altro esempio   costituito dai bacini che ricevono un flusso di aria fredda dalle montagne circostanti (Wegley et al., 1980). Il considerevole sviluppo dell'energia eolica che ha avuto luogo in California dal 1980 in poi,   principalmente dovuto all'esistenza di effetti di concentrazione presenti nei passi situati sulle coste o nell'entroterra, ove aria marina pi  fredda proveniente dall'oceano Pacifico, viene convogliata nelle valli pi  calde e pi  secche all'interno della California. Tra i passi maggiori, o corridoi di vento, con elevate risorse eoliche e grandi industrie eoliche, vi sono: Altamont Pass, Tehachapi Pass, e San Gorgonio Pass (Elliot et al., 1986).

  improbabile che effetti cos  pronunciati come quelli riscontrati in quei passi, si possano trovare in Europa; tuttavia, l'esistenza di alcune aree favorevoli viene anticipata, in particolare nell'Europa meridionale. A causa della mancanza di dati, non si   potuto identificare queste localit  nell'Atlante; in compenso le mappe forniscono indicazioni soggettive circa le aree potenziali.

La rappresentazione qualitativa delle risorse eoliche data dalle mappe pu  essere espressa in termini pi  quantitativi come la produzione annua di energia in kWh. Per far ci  occorrono due requisiti: le caratteristiche del sistema di conversione della potenza eolica – per esempio la curva di potenza di una turbina eolica – e la conoscenza dell'effetto della topografia locale sulla potenza eolica disponibile. L'ultimo argomento   illustrato nella legenda delle mappe; essa presenta le velocit  medie del vento e le densit  di potenza media a 50 metri di altezza sui siti, per cinque differenti situazioni topografiche. Nel Capitolo 4 si mostra come si esegue l'interpolazione per altezze diverse da quelle presentate e come tali valori si usino in pratica nei calcoli.

²Per influenze a scala locale in questo contesto si intende l'effetto-barriera dovuto ad edifici immediatamente vicini e la modifica del vento causata dalle asperit  del terreno nel raggio di 10 o 20 Km dalla stazione di misura.

Come esempio di rappresentazione quantitativa delle risorse eoliche, che illustri le variazioni regionali così come la dipendenza dalla topografia, si consideri il seguente problema: a quante abitazioni può fornire energia elettrica una turbina eolica di altezza 50 metri, con rotore di 50 metri di diametro, ed una potenza nominale di 1 MW, se il consumo annuo di un'abitazione è di 4500 kWh?³ La risposta la si trova in Fig. 2.3 poiché in questo particolare caso il numero di abitazioni è proprio uguale alla densità di potenza a 50 metri. Allora, per esempio, sulla costa Nord-Ovest della Francia, questa turbina può rifornire dalle 400 alle 700 abitazioni, e circa lo stesso numero nel centro del Portogallo, a condizione che la turbina sia situata su di una grande altura ben esposta e che in entrambi i Paesi il consumo per abitazione sia pari a quello sopra stabilito.

In conclusione, le mappe rivelano che le aree potenzialmente adatte per le applicazioni dell'energia eolica sono disseminate attraverso gran parte Europa. Le grandi aree con elevate e diffuse risorse di energia eolica, includono: le Isole Britanniche, la regione dell'Europa Continentale che si affaccia sul Mar del Nord, la parte Nord-Occidentale della Penisola Iberica, la maggior parte delle Isole Greche. Nel Mediterraneo alcune regioni godono – dal punto di vista dell'energia eolica – del beneficio di particolari processi dell'atmosfera che danno luogo a condizioni di vento favorevoli. Sistemi di vento ben noti sono il Maestrale, la Tramontana e la Bora. Su tutta l'Europa, specialmente nella parte meridionale, possono esser presenti alcuni sistemi di venti molto locali, favoriti dalla topografia e da grandi differenze di temperatura. In queste località gli effetti di concentrazione possono fornire elevati potenziali di energia eolica. A causa della mancanza di dati, in questo Atlante del Vento non si è potuto identificare oggettivamente tali località. Quindi, se si considera l'incremento di potenziale eolico che ci si può attendere in determinate condizioni topografiche come colline ben esposte, o linee di costa perpendicolari ai venti prevalenti, in tutta l'Europa è possibile trovare luoghi adatti, ove l'energia eolica merita di essere utilizzata – perfino in regioni ove le mappe presentano i più bassi potenziali. L'Atlante del Vento può non essere idoneo ad identificare siti con buone risorse eoliche in regioni con potenziali generalmente bassi. Per la valutazione delle risorse in questi luoghi, è necessario effettuare misure anemometriche su un periodo di alcuni anni nelle località più promettenti. I metodi discussi nell'Atlante Eolico possono essere d'aiuto nella selezione dei siti e nel programmare le misure.

³Questo è il consumo medio di elettricità di una abitazione danese che non usa riscaldamento elettrico.

2.3 Legenda delle mappe di risorse eoliche

Nelle pagine seguenti vengono illustrate, in 15 mappe a colori, le risorse eoliche ed i rilievi relativi dei Paesi CEE. Sono inoltre evidenziati i maggiori fiumi e le frontiere.

Le risorse eoliche sono riferite a 50 metri dal livello del suolo e la legenda dá la velocità media del vento e la densità di potenza media per 5 diverse condizioni topografiche. Le aree ove ci si aspetta il verificarsi di effetti di concentrazione, ma per le quali non sono disponibili misure, sono indicate nelle mappe con dei cerchi.

Il rilievo relativo é dato dalla differenza in altezza tra i livelli piú basso e piú alto riscontrati entro aree di 100 km^2 – nel nostro caso in cerchi aventi un raggio di 5.6 km (Rutkis, 1971). Per lo scopo dell'Atlante, il rilievo relativo é mostrato in tre classi piuttosto approssimate:

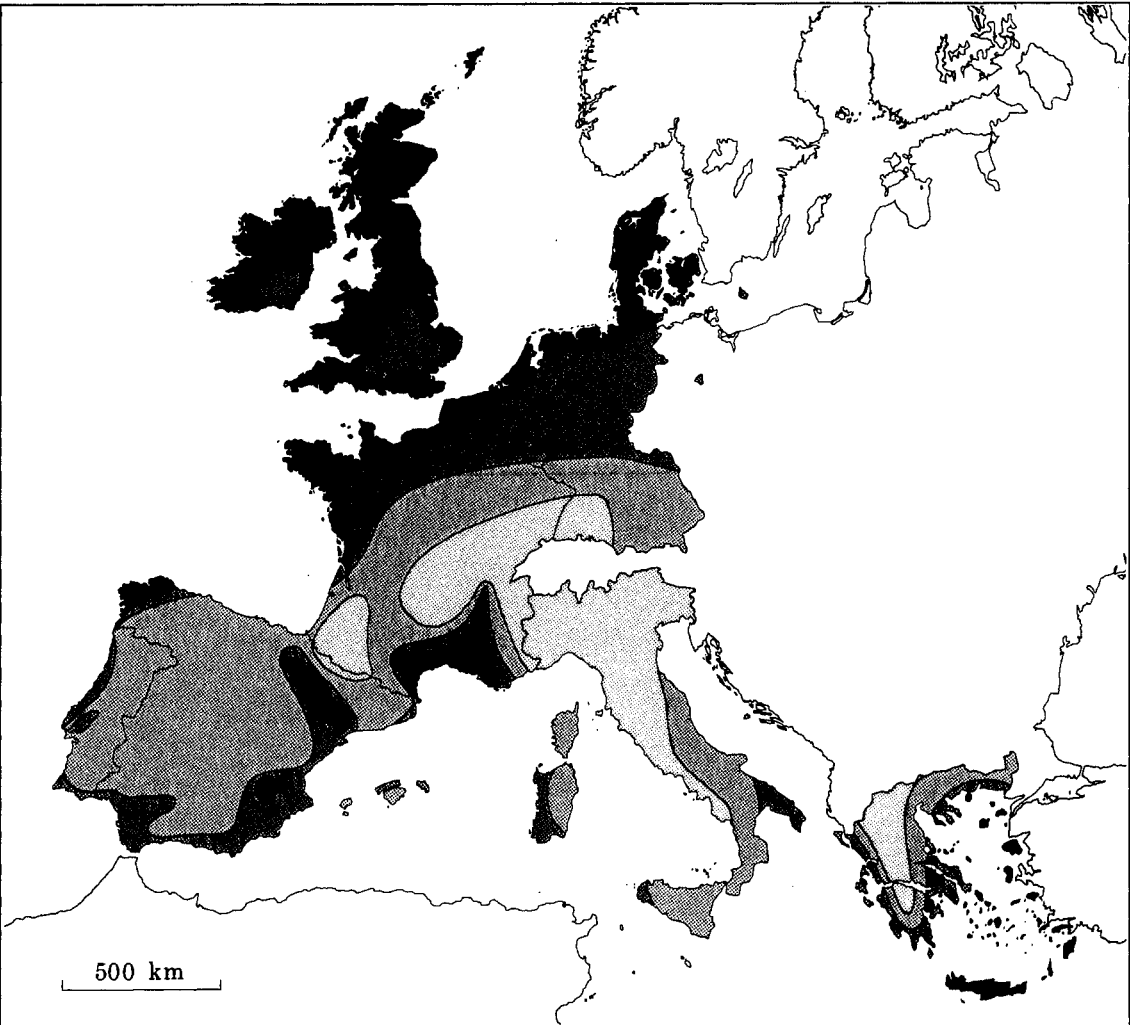
Ombreggiatura	Rilievo relativo [m]
nessuna	0 – 200
chiara	200 – 800
scura	> 800

Il rilievo relativo non é mostrato nelle mappe della Grecia e delle Isole Portoghesi e Spagnole situate nell'Atlantico in quanto le informazioni per quelle aree non sono risultate disponibili.

Una mappa piú dettagliata del rilievo relativo dell'Europa occidentale, illustrato con otto livelli di risoluzione, é fornito da William-Olsson (1974).

Sebbene non vi sia corrispondenza diretta tra il rilievo relativo mostrato sulle mappe ed i tipi di paesaggio europeo citati nel Capitolo 1, i paesaggi del tipo 1 e 2 sono, con assoluta certezza, nella classe avente il rilievo relativo piú basso, mentre i paesaggi del tipo 5 sono situati principalmente nelle aree ombreggiate in scuro. Le zone con lieve ombreggiamento appartengono probabilmente al tipo 3 o al tipo 4.

Figura 2.3. Distribuzione delle risorse eoliche in Europa. Per mezzo della legenda, si può ► stimare l'energia eolica disponibile all'altezza di 50 metri dal suolo per cinque diverse condizioni topografiche. Non sono indicate le regioni ove possono verificarsi effetti locali di concentrazione. Le isole Azzorre, Madeira e le Canarie non sono mostrate in questa mappa, ma si possono trovare in una delle mappe dettagliate.



Risorse eoliche ¹ a 50 metri dal suolo per cinque condizioni topografiche										
	Terreno con barriere ²		Aperta pianura ³		Sulla costa ⁴		In mare aperto ⁵		Su colline ed alture ⁶	
	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²
	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0- 8.5	400- 700
	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

- 1. Le risorse si riferiscono alla potenza del vento. Una turbina a vento può sfruttare tra il 20 e il 30% della risorsa disponibile. Tali risorse sono calcolate per una densità dell'aria di 1.23 kg m⁻³, corrispondente alla pressione standard al livello del mare e ad una temperatura di 15°C. La densità dell'aria diminuisce con l'altezza, ma al di sopra di 1000 m s.l.m. la riduzione di densità di potenza risultante è inferiore al 10%; si veda la Tabella B.1 in Appendice B.
- 2. Distretti urbani, foreste e zone di campagna con molti frangivento (classe di rugosità 3).
- 3. Paesaggio aperto con pochi frangivento (classe di rugosità 1). Si trovano qui, in generale, i luoghi interni pianeggianti più favoriti
- 4. Le classi si riferiscono ad una linea di costa dritta, ad una rosa dei venti uniforme e ad una superficie con pochi frangivento (classe di rugosità 1). Se i venti spirano più frequentemente dal mare, le risorse saranno più elevate e più vicine ai valori del mare aperto; ad es. la rosa dei venti non è uniforme e/o la terra si spinge dentro il mare. Al contrario, le risorse saranno generalmente minori e più vicine ai valori di terra, se i venti provengono più frequentemente dalla terra.
- 5. Più di 10 km fuori costa (classe di rugosità 0).
- 6. Le classi corrispondono ad una crescita di velocità del 50% e sono calcolate per un sito sulla sommità di una collina asimmetrica di altezza 400 metri, con un diametro alla base di 4 km. L'aumento di velocità dipende dall'altezza, dalla lunghezza e dalla particolare posizione della collina.

Parte II

LA DETERMINAZIONE DELLA RISORSA EOLICA

Capitolo 3

Concetti generali

La valutazione della risorsa eolica spazia dalla stima globale dell'energia media contenuta nel vento su di una vasta area – a cui si attribuisce il termine di *accertamento regionale* – alla previsione dell'energia media annua prodotta da uno specifico aerogeneratore, collocato in un determinato sito – che definiamo *caratterizzazione eolica del sito*. Le informazioni necessarie per la caratterizzazione eolica del sito richiedono, in generale, un dettaglio assai maggiore che non nel caso dell'accertamento regionale. Tuttavia entrambe le applicazioni fanno uso dei concetti generali di analisi topografica e di climatologia eolica regionale.

Per poter calcolare gli effetti della topografia sul vento, é necessario descrivere sistematicamente le caratteristiche di quest'ultima.

In prossimitá di un ostacolo, quale ad es. un edificio, il vento é fortemente influenzato dalla sua presenza. L'effetto si estende verticalmente fino a circa tre volte l'altezza dell'ostacolo, ed in direzione sottovento ad esso, da 30 a 40 volte la sua altezza. Se il punto di interesse é situato all'interno di questa zona, é necessario in tal caso tener conto degli effetti di barriera.

Con il concetto di rugositá del terreno, si fa riferimento all'azione collettiva esercitata dalla superficie e dagli ostacoli sovrastanti e che conduce ad un rallentamento complessivo del vento in prossimitá di essa. Vegetazione ed edifici sono esempi di elementi topografici che contribuiscono alla rugositá.

Elementi orografici come colline, scogliere, scarpate ed alture esercitano una ulteriore influenza sul vento. Vicino alla sommitá o alla cresta di queste conformazioni il vento subirá un'accelerazione, mentre alla loro base, o nelle valli, verrà decelerato.

In ogni situazione che si presenti, sono tre in genere gli effetti principali della topografia sul vento: barriere, rugositá ed orografia. Quindi, in generale, é necessario specificare gli ostacoli che fanno da barriera in prossimitá del sito, la rugositá del terreno circostante e l'orografia della zona.

3.1 La rugosità del terreno

La rugosità di una particolare superficie é determinata dalla dimensione e dalla distribuzione degli elementi di rugosità che essa presenta; per le superfici di terreno, elementi tipici sono la vegetazione, le aree coltivate e le caratteristiche del suolo. Nell'Atlante Eolico le diverse superfici sono state suddivise in quattro tipi, ciascuno caratterizzato da propri elementi di rugosità. Ogni tipo di superficie é stato associato ad una *classe di rugosità*. Una descrizione unita all'illustrazione delle quattro classi di rugosità, é stata data nelle Figg. 1.2–1.5.

La lunghezza di rugosità

La rugosità di una superficie é comunemente parametrizzata da una lunghezza di scala chiamata lunghezza di rugosità z_0 .

Una semplice relazione empirica tra elementi di rugosità e lunghezza di rugosità é stata data da Lettau (1969). Un elemento di rugosità é caratterizzato dalla sua altezza h e dalla sua sezione normale alla direzione del vento S . Inoltre, per una popolazione di elementi di rugosità distribuiti omogeneamente su di una determinata zona, la densità di un elemento può essere descritta dall'area orizzontale A_H , disponibile, in media, per ognuno di essi. Pertanto

$$z_0 = 0.5 \cdot \frac{h \cdot S}{A_H} \quad (3.1)$$

Questa relazione dá una stima ragionevole di z_0 quando A_H é molto più grande di S . Essa tende a sovrastimare z_0 quando A_H diventa dello stesso ordine di S ; ciò perché, quando gli elementi di rugosità sono vicini tra loro, il flusso viene "sollevato" al di sopra di essi. Pertanto, solo una frazione di S ed h danno contributo alla rugosità. Inoltre, il verificarsi di tale fenomeno, rende necessario misurare l'altezza dal suolo di un punto situato tra la parte più alta degli elementi di rugosità e metà altezza degli stessi. Quest'altezza viene chiamata *lunghezza di spostamento*. Della lunghezza di spostamento si deve spesso tener conto in località in cui sono presenti foreste, città e vegetazione d'alto fusto. Infine, l'Eq. 3.1 assume che la porosità sia all'incirca zero nei casi in cui gli elementi di rugosità sono solidi. Per elementi di rugosità porosi, il parametro z_0 dell' Eq. 3.1 deve essere ridotto di una frazione pari alla porosità.

Esempio 3.1 L'Equazione 3.1 può essere applicata al calcolo della lunghezza di rugosità di un terreno con un gran numero di abitazioni (es. una città di provincia). La rugosità può essere stimata mediante la $h = 5$ m, $S = 100$ m² ed $A_H = 1000$ m²:

$$z_0 = 0.5 \cdot 5 \cdot \frac{100}{1000} = 0.25 \text{ m}$$

Questa relazione empirica può essere applicata ai frangivento (fasce di protezione), ponendo $S \sim hL$ ed $A_H \sim \ell L$, in cui L rappresenta la lunghezza del frangivento ed ℓ la distanza tra un frangivento e l'altro. Quindi, l'Eq. 3.1 diventa:

$$z_0 = 0.5 \cdot \frac{h^2}{\ell} \quad (3.2)$$

Per un'altezza dal suolo tipica di 10 m, l'influenza di ℓ su z_0 può essere illustrata dalla seguente tabella:

ℓ [m]	1000	500	200
z_0 [m]	0.05	0.1	0.25

Si noti che nel calcolo precedente la porosità è stata assunta uguale a zero. Per frangivento costituiti da alberi ed arbusti, la porosità è approssimativamente 0.5, il che comporta una riduzione di un fattore due nella distanza ℓ tra i frangivento, se si mantiene invariata la rugosità.

La Figura 3.1 indica la relazione tra lunghezza di rugosità, caratteristiche del terreno e classe di rugosità. La lunghezza di rugosità di una superficie coperta da vegetazione può variare con la velocità del vento. Per esempio, l'accumulo di sterpaglia provocato dall'effetto del vento, può cambiare la forma della superficie. Un fenomeno analogo si verifica per le onde del mare in cui, sia l'altezza che la forma delle onde, dipendono dalla velocità del vento. Da un'analisi dimensionale si può ricavare la seguente equazione che descrive la rugosità di una superficie liquida, quando vengono trascurati gli effetti di viscosità e di tensione superficiale dell'acqua (Charnock, 1955):

$$z_0 = b \frac{u_*^2}{g} \quad (3.3)$$

ove b è una costante ($b \approx 0.014$), g è l'accelerazione di gravità ed u_* la velocità di frizione (si veda l'Eq. 8.2).

Nell'Atlante del vento si è tentato di usare, sia l'Eq. 3.3 che un valore fisso, per determinare la rugosità di superfici d'acqua aventi classe di rugosità 0. Si è trovato che il valore costante di 0.0002 fornisce risultati equivalenti all'Eq. 3.3 per velocità del vento moderate o alte, che sono poi quelle che interessano l'Atlante; quindi, tutte le statistiche presenti nell'Atlante del Vento sono state ottenute con questo valore.

Si tenga presente che, in genere, la lunghezza di rugosità come viene applicata nell'Atlante, deve essere considerata un parametro climatologico, in quanto la rugosità di una certa zona cambia con l'emissione fogliare, con il modificarsi della vegetazione, con la presenza di neve e così via. La produzione di energia di una turbina eolica dev'essere determinata su base climatologica, in primo luogo a causa delle variazioni del tempo; tuttavia, anche le variazioni stagionali delle caratteristiche del terreno possono avere grande importanza.

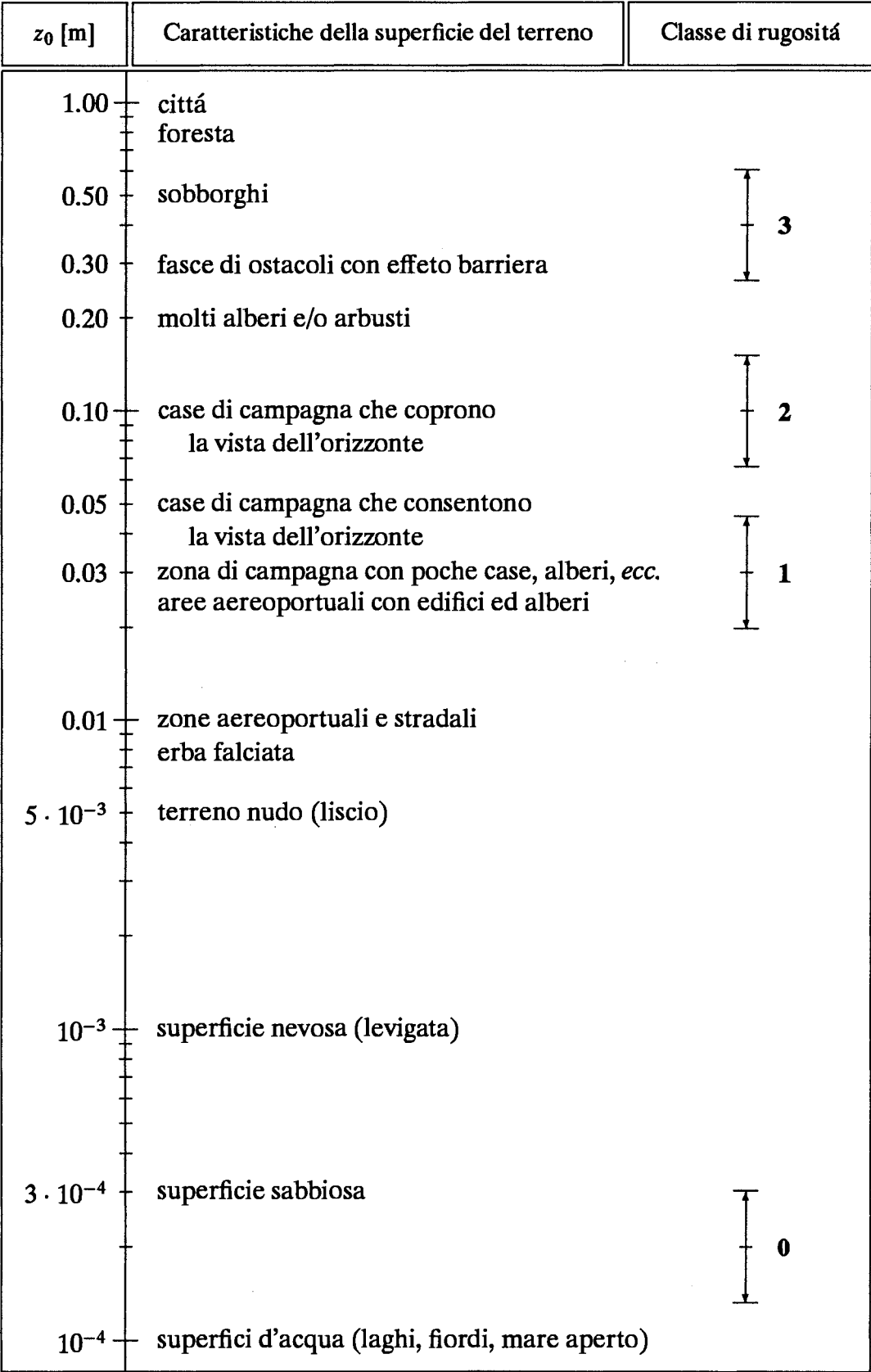


Figura 3.1. Lunghezze di rugosità, caratteristiche delle superfici e classi di rugosità a cui appartengono. Le classi di rugosità sono indicate dalle barre verticali. Il punto centrale rappresenta il valore di riferimento e la lunghezza delle barre indica l'intervallo di incertezza tipico di una stima della rugosità.

3.2 Effetto-barriera alle spalle di ostacoli

Si definisce effetto-barriera (shelter) la diminuzione relativa della velocità del vento causata da un ostacolo presente sul terreno. L'effetto-barriera prodotto da un ostacolo posto in prossimità di un determinato sito, dipende:

- dalla distanza del sito dall'ostacolo (x);
- dall'altezza dell'ostacolo (h);
- dall'altezza del punto considerato su quel sito (H);
- dalla lunghezza dell'ostacolo (L);
- dalla porosità dell'ostacolo (P).

La Figura 3.2 mostra di quanto diminuisce la velocità del vento per l'effetto-barriera dovuto ad un ostacolo bidimensionale, infinitamente lungo, con porosità zero. L'effetto-barriera decresce con il ridursi della lunghezza e con l'aumentare della porosità dell'ostacolo.

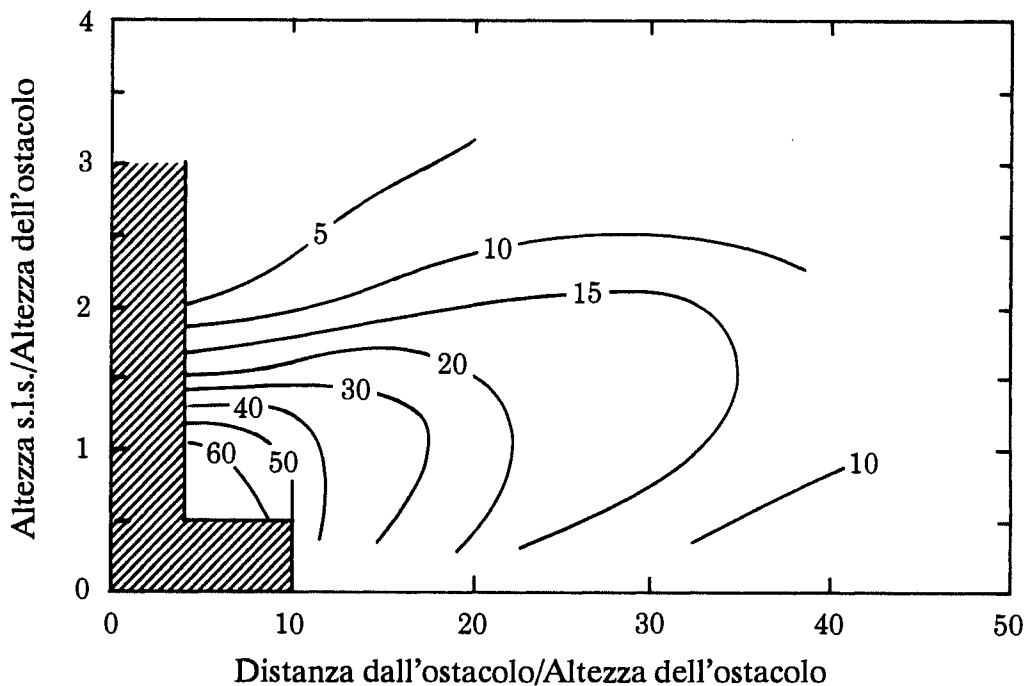


Figura 3.2. Riduzione della velocità del vento (R_1) in percento, per effetto-barriera dovuto ad un ostacolo bidimensionale, basata sulle espressioni fornite da Perera (1981). Nell'area schermata, l'effetto-barriera dipende molto dalla geometria dell'ostacolo, perfino nei suoi particolari. Inoltre, la velocità del vento cresce generalmente in prossimità e sopra l'ostacolo – analogamente all'effetto di aumento di velocità (speed-up) che si ha sopra una collina.

Di regola, la porosità può essere posta uguale a zero per gli edifici, e ≈ 0.5 per gli alberi. Una fila di edifici simili, separati tra loro di un terzo della lunghezza di

un edificio, avrà una porosità di circa 0.33. Per i frangivento si possono ritenere valide le caratteristiche elencate in Tabella 3.1. La porosità degli alberi cambia con la fogliazione, cioè con il periodo dell'anno; essa pertanto, come la lunghezza di rugosità, dovrebbe essere considerata un parametro climatologico. Si può tener conto

Tabella 3.1. Porosità dei frangivento.

Aspetto	Porosità P
Solido (muro)	0
Molto denso	≤ 0.35
Denso	0.35 - 0.50
Semitrasparente	≥ 0.50

approssimativamente dell'effetto della porosità P ($0 \leq P \leq 1$) mediante moltiplicazione per il fattore $(1 - P)$. Un'altra importante considerazione per la correzione dei dati di vento è costituita dalle dimensioni laterali L dell'ostacolo. La maggior parte dei dati sperimentali, compresi quelli presentati da Perera (1981), riguardano ostacoli bidimensionali o cinture che fanno da barriera, di dimensioni laterali "infinite". L'effetto-barriera dovuto ad ostacoli aventi dimensioni laterali finite diminuisce per via del rimescolamento laterale lungo la scia; diminuisce inoltre l'effetto sulla velocità del vento lungo un dato settore azimutale, a causa delle dimensioni angolari finite dell'ostacolo, così come visto dal sito di interesse. Per un dato settore di 30° , il decremento di velocità media del vento (R_2) può essere stimato approssimativamente riducendo l'effetto-barriera ottenuto dalla Fig. 3.2, mediante la seguente espressione, che deriva da semplici considerazioni geometriche:

$$R_2 = \begin{cases} \left(1 + 0.2 \frac{x}{L}\right)^{-1} & \text{per } \frac{L}{x} \geq 0.3 \\ 2 \frac{L}{x} & \text{per } \frac{L}{x} \leq 0.3 \end{cases} \quad (3.4)$$

Quindi

$$u_{cor} = u \cdot (1 - R_2 \cdot R_1(1 - P)) \quad (3.5)$$

dove u_{cor} ed u sono rispettivamente le velocità medie del vento corrispondenti alla presenza o meno di effetto-barriera, ed $R_1 = \Delta u/u$ rappresenta la diminuzione percentuale della velocità del vento, come evidenziato in Fig. 3.2.

3.3 Effetto dovuto alle variazioni di altitudine del terreno

Gli effetti delle variazioni di altitudine del terreno sul profilo del vento possono essere in gran parte dimostrati con evidenza dai risultati ottenuti nella campagna di misura internazionale sulla collina di Askervein, nell'isola di South Uist, nelle Ebridi (Taylor e Teunissen, 1987; Salmon et al., 1987). La Figura 3.3 mostra un grafico della collina di Askervein, visto in prospettiva. La linea lungo cui sono state eseguite le misure di velocità del vento è indicata dalle torri meteorologiche.

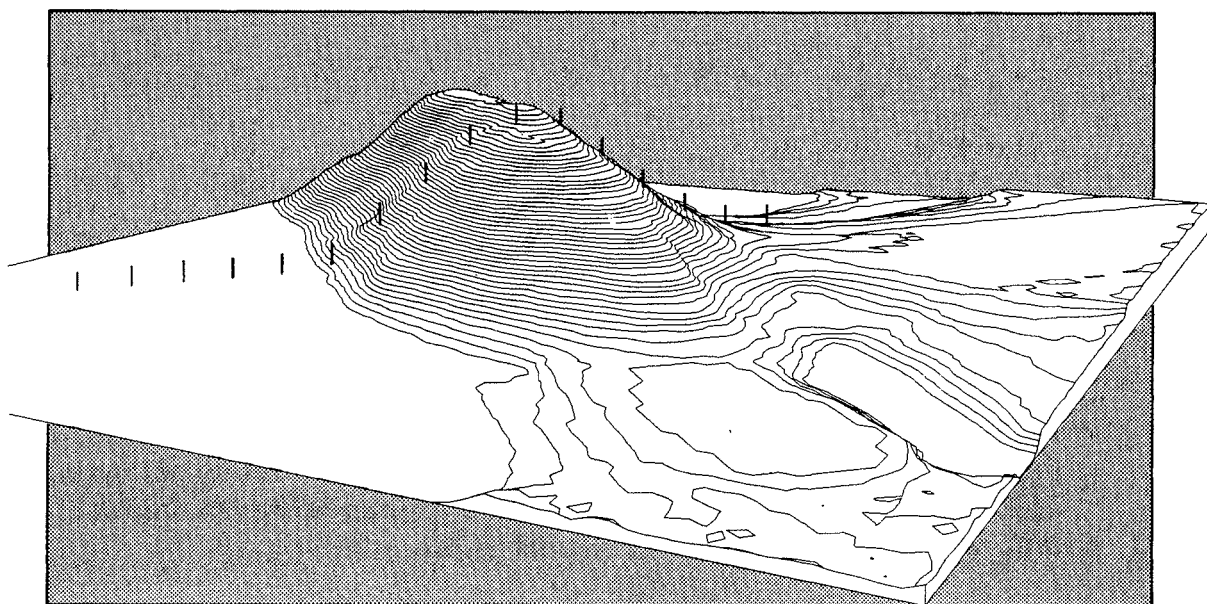


Figura 3.3. Grafico della collina di Askervein in prospettiva.

I dati sperimentali sono mostrati in Fig. 3.4, ove l'aumento relativo di velocità ΔS , all'altezza di 10 m dal suolo, è graficato in funzione della distanza dalla cresta. ΔS è definito come:

$$\Delta S = \frac{u_2 - u_1}{u_1} \quad (3.6)$$

dove u_2 e u_1 indicano rispettivamente le velocità del vento, rilevate alla stessa altezza dal suolo, sulla sommità della collina ed ai suoi piedi sopravvento ad essa.

I dati della Fig. 3.4 sono stati ottenuti per direzioni del vento in gran parte perpendicolari all'orientazione della scarpata. Vengono anche mostrati i risultati ottenuti mediante tre modelli numerici: il BZ-model, usato nell'analisi del presente Atlante, e due altri modelli (Beljaars et al., 1987). Alcune notevoli caratteristiche della Fig. 3.4 sono:

- l'aumento di velocità sulla cresta, rispetto al vento medio indisturbato sopravvento alla collina, è dell'80%;
- la diminuzione di velocità davanti e dietro la cresta, rispetto al vento medio indisturbato sopravvento alla collina, va dal 20 al 40 per cento;

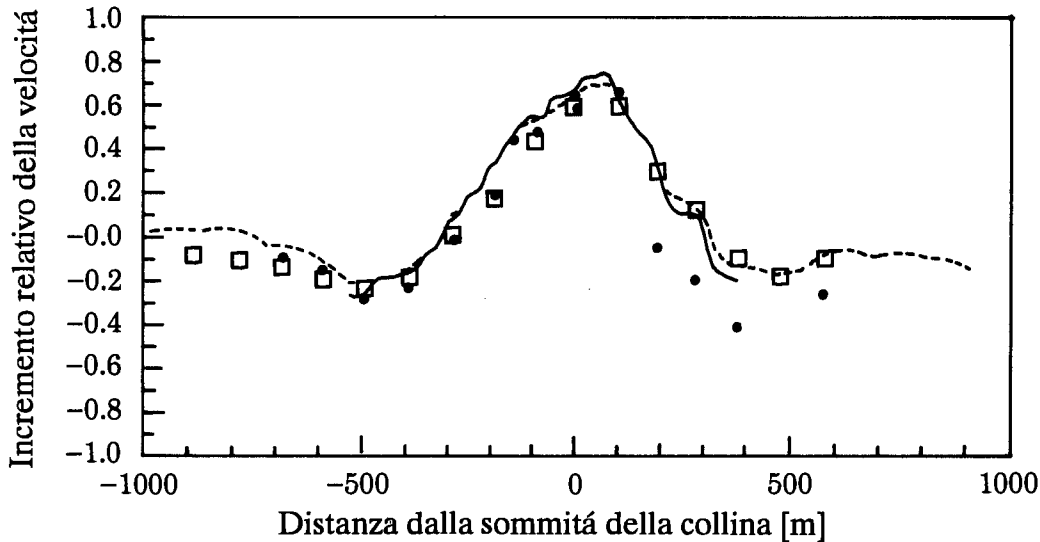


Figura 3.4. Rapporti tra gli aumenti relativi di velocità del flusso sopra la collina di Askervein a 10 m di altezza dal suolo. Le misure sono indicate con i punti ed i risultati prodotti dal modello orografico, con i quadrati. Sono mostrati anche i risultati di due altri modelli, mediante la linea piena e quella tratteggiata.

La Figura 3.5 mostra i profili rilevati simultaneamente sopravvento e sulla sommità della collina di Askervein. Si noti che, sopravvento il profilo è logaritmico con l'altezza, mentre in cima alla collina, esso presenta un ginocchio all'altezza ℓ , quella di massimo aumento relativo della velocità. Al di sopra del ginocchio, il profilo è costante con l'altezza fino a che non incontra il profilo misurato sopravvento alla quota $2L$, ove L è una lunghezza caratteristica della collina e precisamente la sua semiampiezza, come mostrato in Fig. 3.6. Delle espressioni approssimate per ΔS ed ℓ si possono trovare in Jensen et al. (1984):

$$\Delta S \simeq 2 \frac{h}{L} \quad (3.7)$$

$$\ell \simeq 0.3 \cdot z_0 \left(\frac{L}{z_0} \right)^{0.67} \quad (3.8)$$

Queste formule danno spesso buoni risultati quando l'ampiezza della collina, nella direzione perpendicolare al vento, è molto maggiore di L , così da poter considerare il problema come fosse bidimensionale.

Dall'esempio precedente, appare chiaro che le alture esercitano una profonda influenza sul flusso, e ciò va tenuto nella massima considerazione. Anzi, ci si deve render conto che ogni variazione di altitudine del terreno influisce sul vento: una

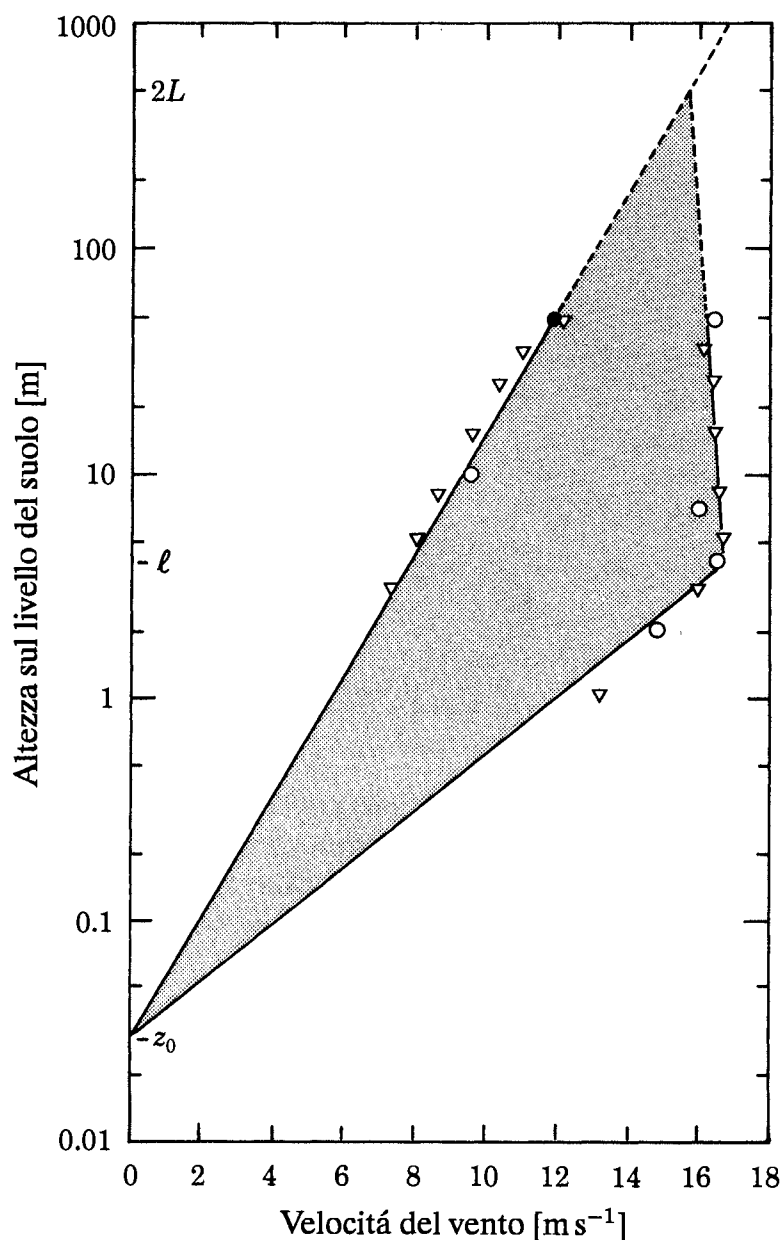


Figura 3.5. Profili del vento misurati simultaneamente sopravento e sulla sommità della collina di Askervein (Jensen et al., 1984). I simboli indicano le misure anemometriche. Il profilo sopravento è mostrato dalla retta a sinistra; la linea di destra presenta il profilo sulla cima. Le due lunghezze di scala L e l sono definite in Fig. 3.6.

risalita del terreno del 5%, può produrre lo stesso aumento sulla velocità del vento all'altezza del mozzo, con il risultato che la potenza disponibile cresce del 15%. Spesso è difficile – e diventa impossibile in territori complessi – applicare formule semplici come le Eq. 3.7 e 3.8 per determinare la risorsa eolica di un determinato sito. Per questa ragione è necessario, nella maggior parte dei casi, effettuare i calcoli mediante un modello numerico.

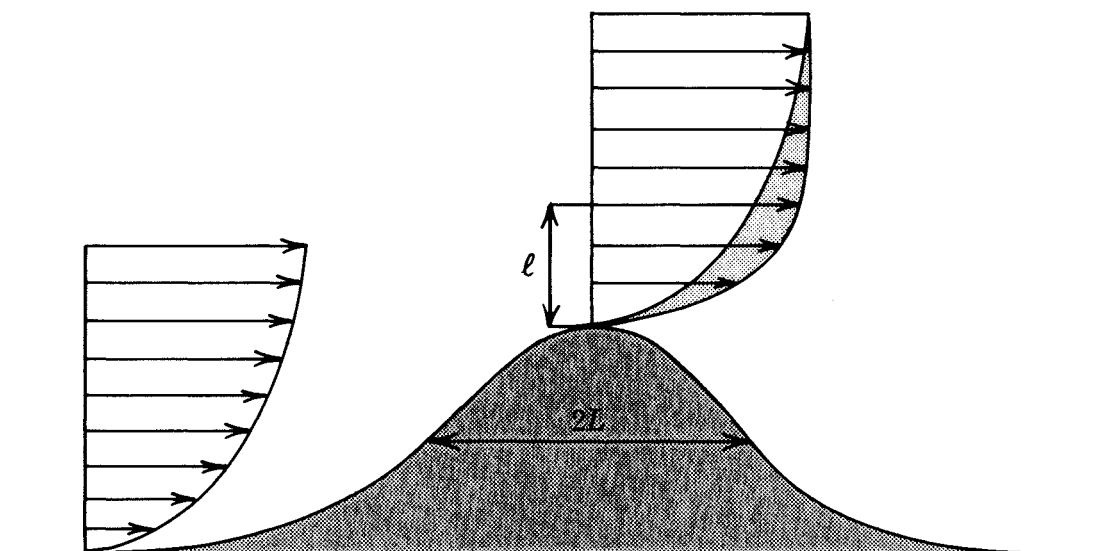


Figura 3.6. Flusso sopra una collina ideale con i profili del vento sopravento e sulla cima. Sono indicate le due lunghezze di scala che caratterizzano il flusso: L è una lunghezza caratteristica della collina, nel nostro caso – seguendo la nomenclatura tradizionale – la semilarghezza a metà collina; l è l'altezza a cui si ha la massima crescita relativa di velocità.

Un esempio è dato dalla stazione portoghese di Bragança, la cui orografia è mostrata in Fig. 3.7. I cambiamenti del profilo del vento per ogni settore di provenienza, sono presentati in Tabella 3.2 e sono stati calcolati con il modello orografico con cui è stato realizzato l'Atlante, e che verrà descritto nel Capitolo 8.

In talune situazioni, il significato di “altezza dal suolo” non è evidente. Come esempio si consideri un generatore eolico posto su di una collina poco elevata: se l'altezza della collina è trascurabile rispetto all'altezza del mozzo e le pendenze laterali molto ripide, la collina può essere considerata come una fondazione della turbina che si aggiunge all'altezza del mozzo. Ma se le dimensioni orizzontali e verticali diventano apprezzabili, la situazione cambia e l'altezza di riferimento diventa quella al di sopra della collina.

Un altro esempio è mostrato in Fig. 3.8, ove una turbina eolica è installata sopra una scarpata. Per i venti provenienti dal mare, si potrebbe essere tentati di considerare quale altezza del mozzo, quella rispetto all'acqua. Tale modo di procedere è del tutto errato, in quanto il vento è stato influenzato dalla scogliera molto prima di arrivare sulla costa, per cui l'altezza che va considerata è quella al di sopra del terreno.

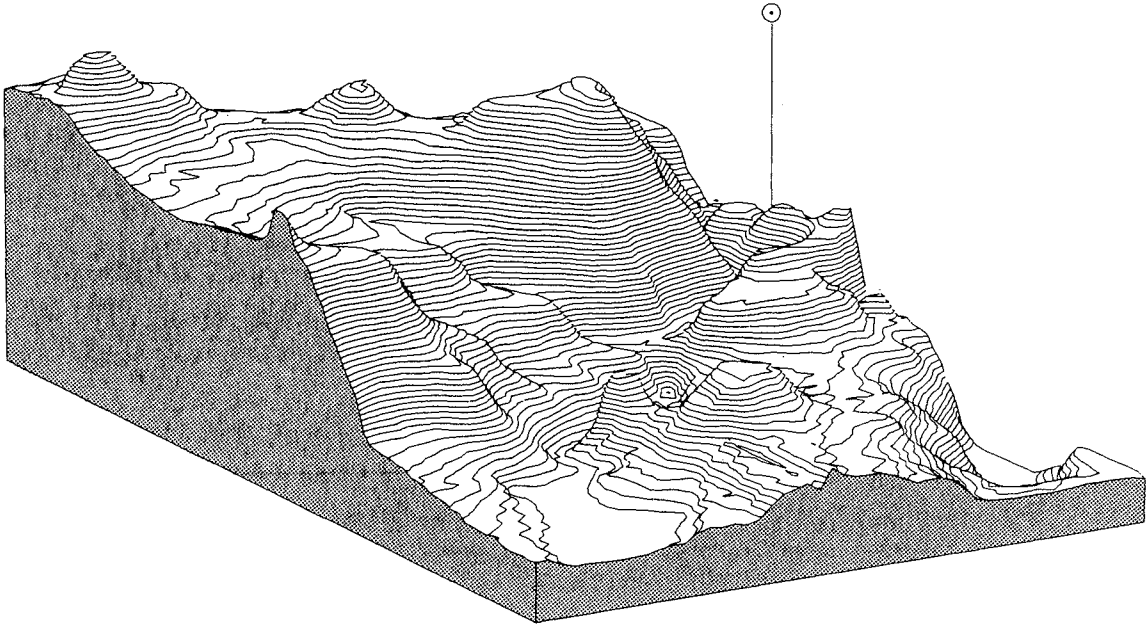


Figura 3.7. Grafico in prospettiva dell'orografia circostante la stazione portoghese di Bragança.

Settore												
<i>z</i>	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
10	120	75	21	27	84	124	120	75	21	29	90	124
	-8	-19	-11	14	18	6	-8	-19	-11	15	19	6
25	68	35	8	14	47	71	68	39	8	14	49	71
	-7	-14	-6	10	13	4	-7	-14	-6	10	13	4
50	42	22	3	7	29	45	42	22	3	7	29	45
	-5	-10	-4	7	9	3	-5	-10	-4	7	10	3
100	22	9	0	2	15	20	22	9	0	2	15	25
	-4	-6	-2	5	6	1	-4	-6	-2	5	6	1
200	8	1	-2	0	7	10	8	1	-2	0	7	10
	-2	-3	0	3	3	0	-2	-3	0	3	3	0

Tabella 3.2. Risultati relativi alla stazione di Bragança, ottenuti mediante il modello orografico. La Tabella fornisce l'aumento/diminuzione della velocità in percento (prima riga) ed i cambiamenti di direzione in gradi (seconda riga).

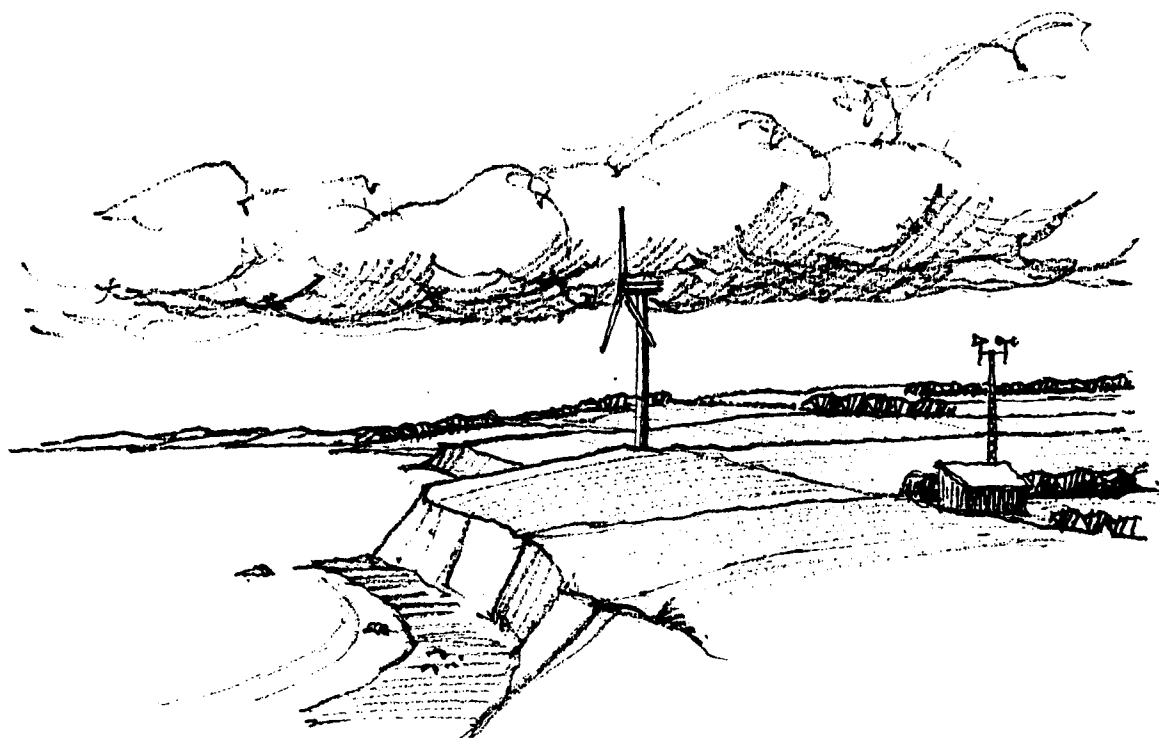


Figura 3.8. Una turbina eolica posta sopra una scarpata.

Capitolo 4

Potenziale di energia eolica regionale

La valutazione regionale delle risorse di energia eolica consiste nella stima della resa potenziale di un gran numero di turbine a vento distribuite sulla regione. Tale ricerca può essere condotta a diversi livelli di raffinatezza. In linea di principio, un'applicazione potrebbe basarsi sulla localizzazione dettagliata di un gran numero di installazioni specifiche.

Un esempio di studio molto dettagliato sulla valutazione delle risorse, è mostrato in Fig. 4.1. Lo scopo consisteva nell'investigare sul numero di turbine eoliche da 50 m che avrebbero potuto essere installate in Danimarca. La classificazione è stata riportata su 100 mappe in scala 1:50 000 che coprono l'intero territorio danese. Al di là dello scopo finale, le mappe sono state usate per identificare i siti destinati alla installazione di singole turbine e di centrali di energia eolica.

Ovviamente, quando si ha a che fare con regioni molto estese, la preparazione di dettagliate mappe di rugosità come quella mostrata in Fig. 4.1, costituisce un progetto enorme. Pertanto, nella presentazione di risorse eoliche regionali, i dettagli di carattere locale debbono essere generalmente trascurati.

4.1 Uso delle mappe di risorse eoliche

Le mappe di risorse eoliche presentate nel Capitolo 2 mostrano la variazione delle risorse di vento su grandi aree omogenee. In aree relativamente non complicate, le mappe possono essere usate in combinazione con la tabella di Fig. 2.3 per stime delle risorse eoliche regionali e per il calcolo dell'energia media prodotta da singole turbine.

Le mappe, unitamente alla legenda, danno la velocità media e la densità di potenza media all'altezza di 50 metri, per cinque diverse condizioni topografiche. Mediante le Figure 4.2 e 4.3, è possibile stimare la velocità media del vento e la densità di potenza media alle altezze tra 10 e 200 metri, su terreno omogeneo e per ognuna delle quattro classi di rugosità. Le figure forniscono rispettivamente i fattori di conversione f_u e f_E per la velocità e la potenza medie. Questi fattori vanno moltiplicati

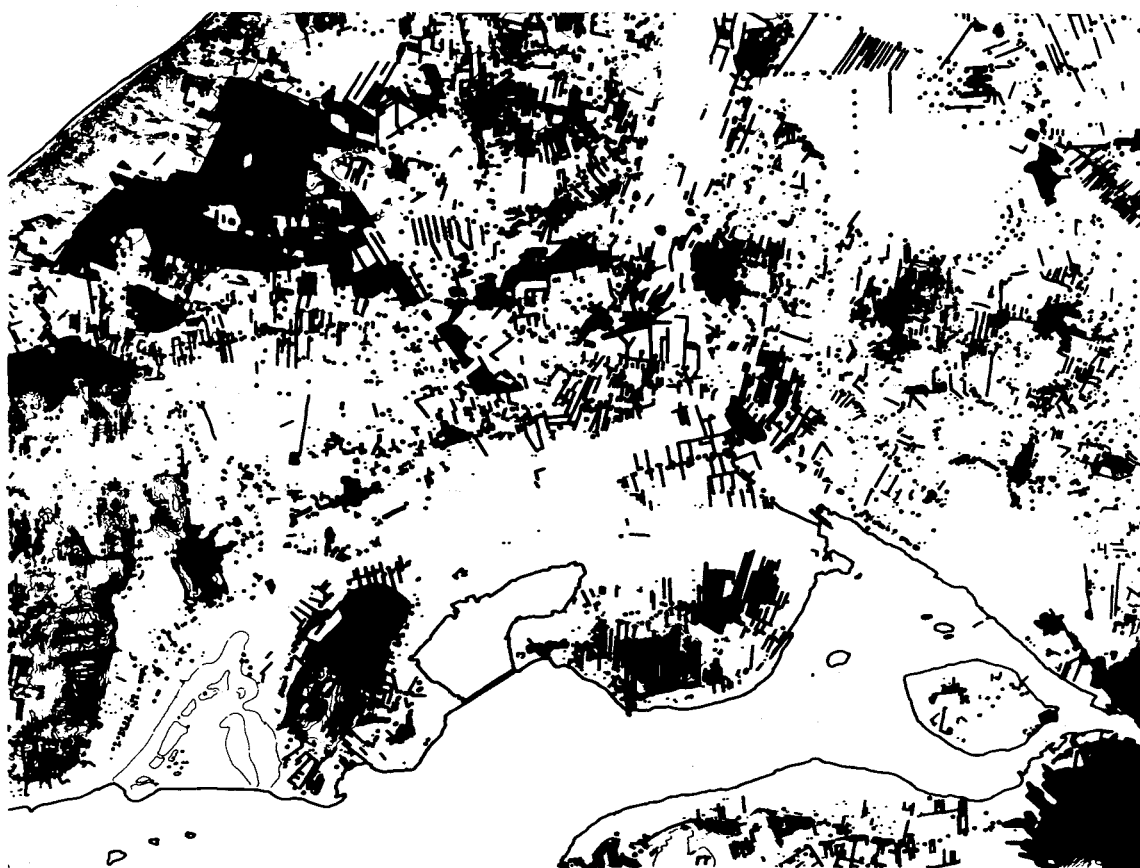


Figura 4.1. Esempio di mappa di classificazione di rugosità con indicati gruppi di alberi, fattorie, cinture di barriere per il vento, villaggi e piantagioni. La mappa copre un'area di circa 22×28 km (Planstyrelsen, 1981).

per i valori letti in Fig. 2.3 sotto la colonna corrispondente alla classe di rugosità 1 (Aperta pianura). I due esempi seguenti ne chariscono la procedura.

Esempio 4.1 La Figura 2.3 dá una densità di potenza media $E(50)$ di circa 300 Wm^{-2} su di una vasta ed aperta pianura nella Germania del Nord. Per stimare la densità di potenza a 40 m di altezza, si legge il fattore di conversione dalla Fig. 4.2, che é 0.9, e pertanto la densità di potenza a 40 m diventa $\approx 270 \text{ Wm}^{-2}$.

Esempio 4.2 La mappa di risorsa eolica dell'Irlanda mostra una densità di potenza media di circa 500 Wm^{-2} su un terreno di classe di rugosità 1. La potenza disponibile per una turbina a vento di 50 m con un rotore di 50 m di diametro é quindi $500 \text{ Wm}^{-2} \times$ l'area spazzata dal rotore $\approx 980 \text{ kW}$, corrispondente a circa 8.6 GWh/anno.

Tuttavia, un aerogeneratore non può utilizzare tutta l'energia presente nel vento. Considerazioni aerodinamiche conducono ad un'efficienza teorica massima del 59 per cento di conversione, in genere citata come *il limite di Betz* (Betz, 1920). In pratica, soltanto il 20-30 per cento della potenza disponibile può essere convertita; un valore ragionevole per una stima di massima é 25 per cento. Pertanto, si può stimare che la produzione media di energia dell'esempio 4.2 é dell'ordine di 2.2 GWh per anno. Quando le mappe vengono usate in zone costiere e in aree montagnose, occorre applicare le particolari considerazioni che seguono.

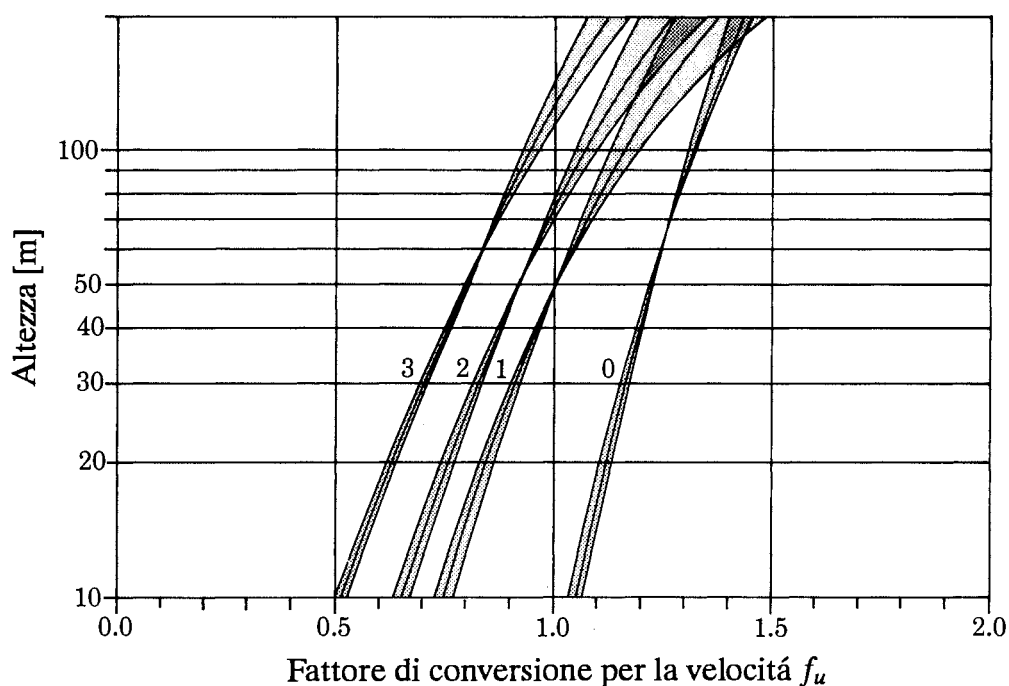


Figura 4.2. Fattori di conversione della velocità media del vento, f_u . Da usare in combinazione con le mappe di risorse eoliche del Capitolo 2 per stimare la velocità media del vento alle altezze tra 10 e 200 metri su terreno omogeneo per una delle quattro classi di rugosità. Il valore di riferimento (50 metri, classe 1) è indicato con un cerchio. La zona ombreggiata indica l'incertezza dovuta alle differenze climatiche presenti in Europa.

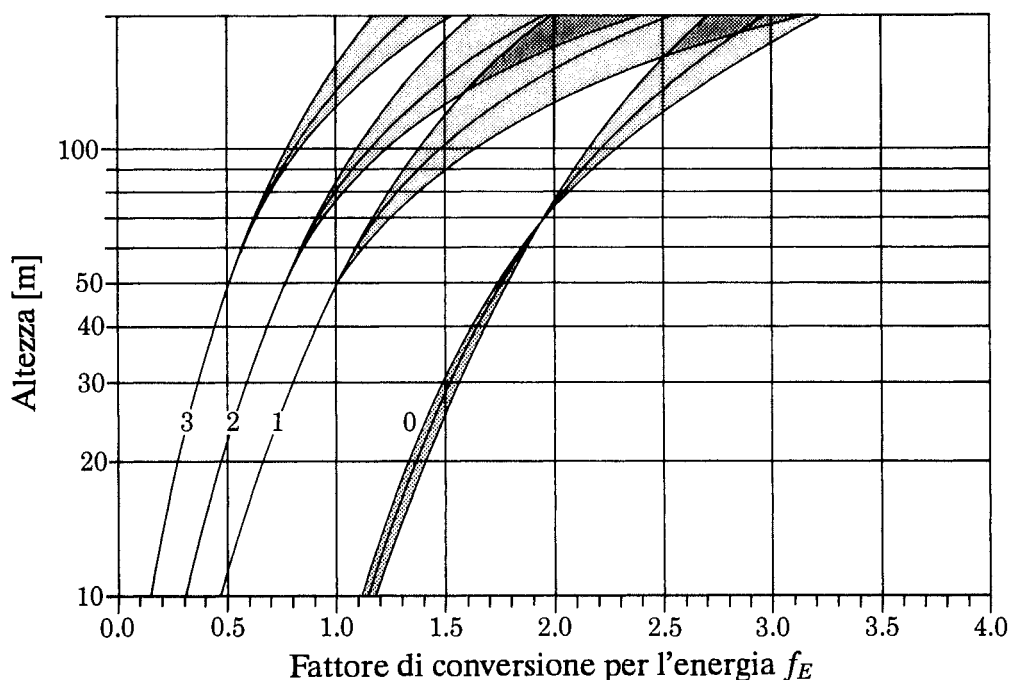


Figura 4.3. Fattori di conversione dell'energia media, f_E . Da usare in combinazione con le mappe di risorse eoliche del Capitolo 2 per stimare la densità media di potenza alle altezze tra 10 e 200 metri su terreno omogeneo per una delle quattro classi di rugosità. Il valore di riferimento (50 metri, classe di rugosità 1) è indicato con un cerchio. La zona ombreggiata indica l'incertezza dovuta alle differenze climatiche presenti in Europa.

Zone costiere

Quando l'aria si muove dal mare verso terra o viceversa, due sono gli effetti che maggiormente interessano ai fini della climatologia eolica: il cambio di rugosità della superficie e le proprietà termiche della stessa. Molto lontano dalla costa, le caratteristiche climatiche del vento sono di tipo marittimo o continentale, ma nel tratto intermedio prevale una mescolanza dei due tipi. La larghezza delle zone costiere varia con il clima e con la topografia. Nel presente Atlante si assume una larghezza di 10 Km in ciascuna delle direzioni dalla costa.

Le Figure 4.4 e 4.5 mostrano il cambio di densità media di energia a 50 metri di altezza, calcolato per due zone costiere distinte. Il cambio è dato in funzione della distanza dalla costa. Sono state prese come esempio una costa del Mar del Nord in Olanda ed una costa mediterranea in Francia. In generale, la forma della curva dipende sia dalla posizione geografica che dalla orientazione della costa, ed anche dalla classe di rugosità del territorio costiero. Le condizioni di una determinata costa possono essere stimate mediante le procedure di calcolo presentate nel Capitolo seguente, che tratta della localizzazione delle turbine eoliche.

Nel primo esempio della costa olandese del Mar del Nord, si vede che il cambiamento verso le condizioni di mare aperto avviene oltre i ≈ 10 km dalla riva, mentre il cambio verso le condizioni della terraferma avviene più improvvisamente, e cioè oltre i ≈ 4 km. Il secondo esempio mostra le condizioni delle due coste mediterranee francesi, in una regione fortemente influenzata dal Maestrone. Le due linee di costa sono rispettivamente perpendicolare e parallela al Maestrone.

Un fenomeno comune a molte aree costiere è la presenza di brezze di mare e di terra. La *brezza di mare* è un vento locale che spira dal mare verso terra, originato dalla differenza di temperatura, con il mare più freddo della terra adiacente. Pertanto essa spira in genere durante giorni estivi, relativamente calmi e soleggiati. La *brezza di terra* è un vento notturno, diretto in senso opposto, di solito più debole dell'altro. A causa delle velocità generalmente moderate associate alla brezza di mare e di terra, questa aggiunge poco al potenziale di energia eolica delle zone costiere.

Aree montuose

La corrispondenza tra i vari livelli di rilievo relativo, disegnati nelle mappe di risorse, ed i cinque tipi di paesaggio mostrati nelle Figure 1.6–1.10 è stata spiegata nel Capitolo 2. È stato inoltre precisato che le mappe possono essere direttamente applicabili ai paesaggi di tipo 1 e 2, applicabili con una certa cautela alle ampie pianure e vallate che si trovano nei paesaggi tipo 3 e 4, ma non applicabili ai paesaggi di tipo 5. Per quest'ultimo tipo è necessario cercare, tra tutte le statistiche, quella di una stazione situata nella regione d'interesse e che può essere considerata tipica della situazione investigata. È inoltre consigliabile controllare le statistiche delle varie stazioni, prima di usare i valori delle mappe relativi ai paesaggi di tipo 3 e 4.

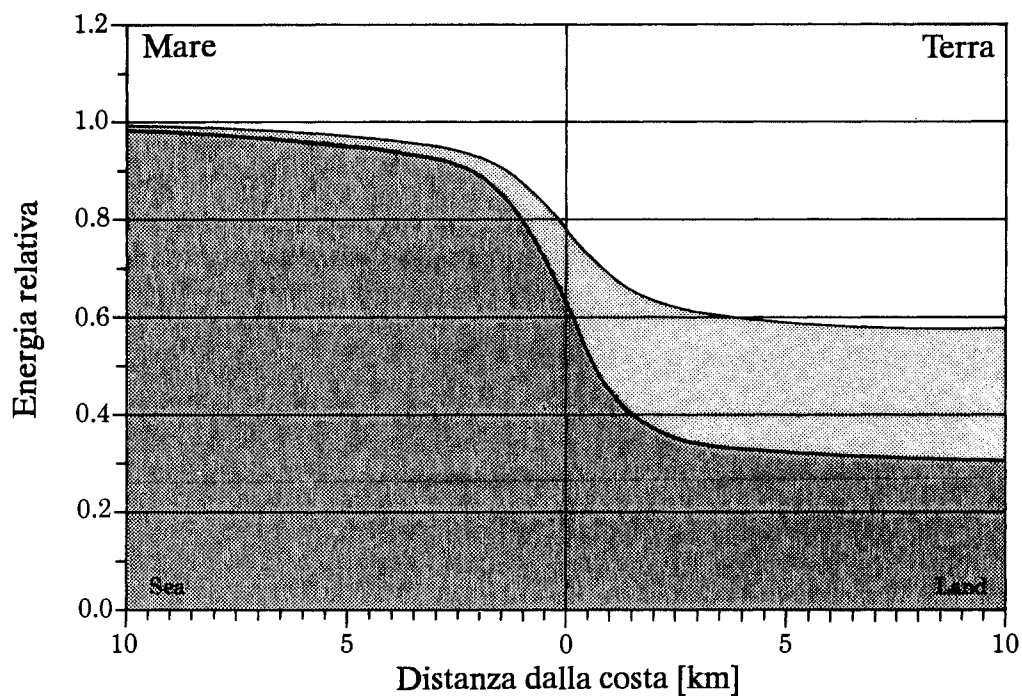


Figura 4.4. Densità media di energia a 50 m di altezza, calcolata in funzione della distanza dalla costa del Mar del Nord in Olanda, per due diverse rugosità del terreno. La costa è orientata in direzione SW-NE ed il terreno ha rispettivamente classe di rugosità 1 (linea superiore) e 3 (linea inferiore).

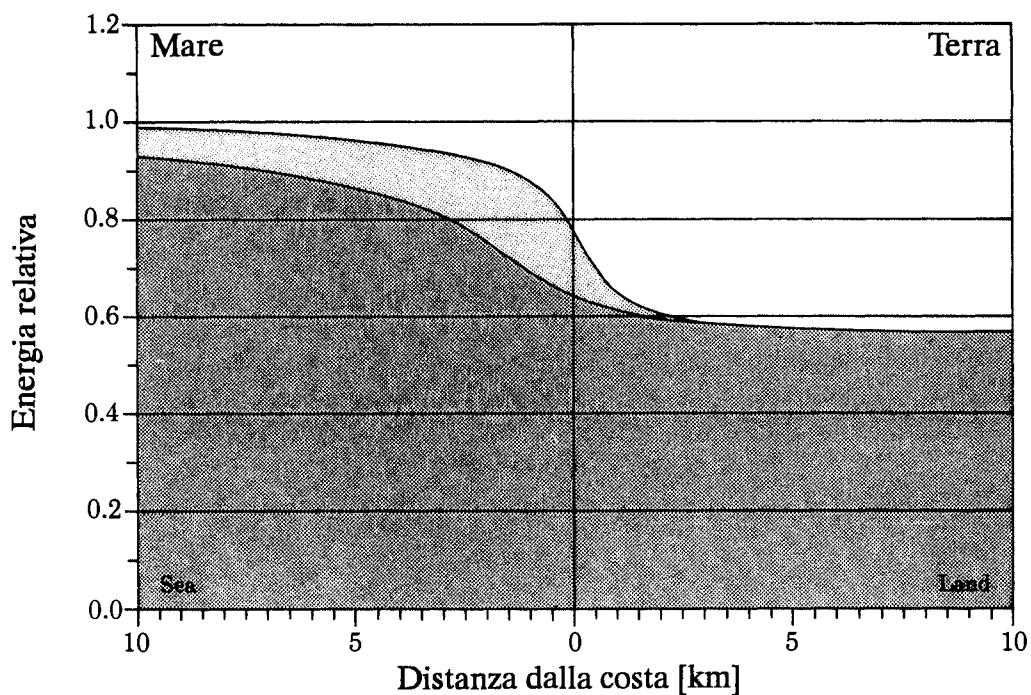


Figura 4.5. Densità media di energia a 50 m di altezza, calcolata per due linee di costa in funzione della distanza dal Mar Mediterraneo in Francia. Le due linee di costa sono situate nella regione influenzata dal Maestrale; una è perpendicolare (linea inferiore), l'altra è parallela (linea superiore) alla direzione del Maestrale. Il terreno appartiene alla classe di rugosità 1.

Come regola generale, la stima delle risorse eoliche in territori montuosi può essere condotta soltanto mediante modelli numerici contenenti l'orografia. Esempi di calcoli di risorse in territori montuosi si trovano nel seguente capitolo nella Sezione 5.4.

La Figura 4.6 mostra un grafico in prospettiva con la posizione della stazione francese di Mont Aigoual, nel Massiccio Centrale. Le statistiche derivate da questa e da stazioni simili sono difficili da utilizzare congiuntamente alle risorse eoliche regionali, se non come indicatori delle risorse presenti in siti dai dintorni comparabili.

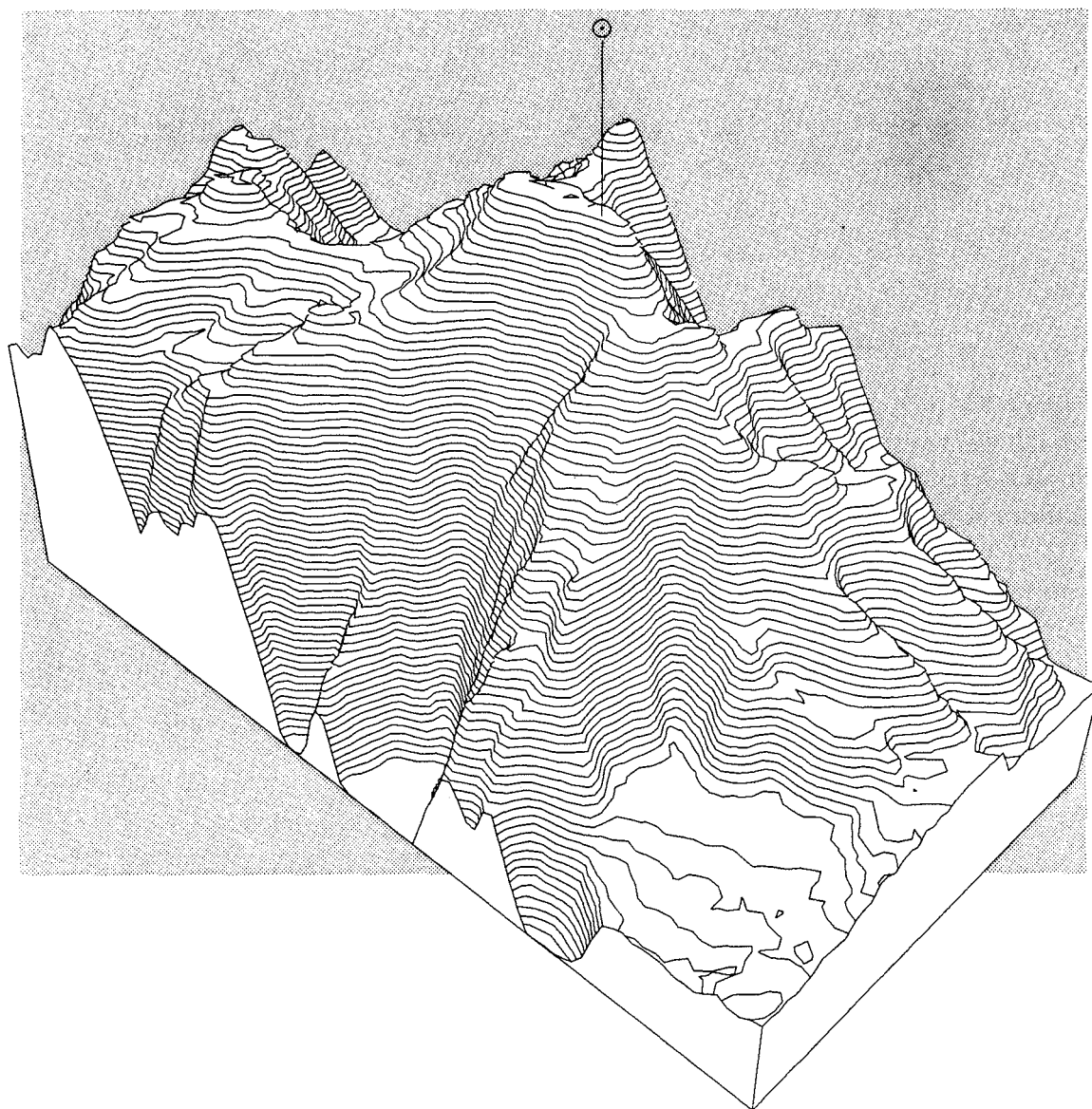


Figura 4.6. Grafico prospettico della stazione francese di Mont Aigoual.

L'orografia dà luogo a molti venti locali come il föhn, i venti di monte e di valle, venti dovuti a salti montuosi e venti catabatici. Essi possono generare potenziali eolici di dimensioni apprezzabili, a seconda della loro forza e frequenza di occorrenza. Tuttavia, prima di tentare di utilizzare tali potenziali, è consigliabile accertare le risorse attese, mediante misure anemometriche: le conoscenze popolari locali potrebbero esagerare nel ricordare il ripetersi di venti intensi.

Capitolo 5

Caratterizzazione eolica del sito

Nel presente Atlante, con il termine caratterizzazione eolica del sito (siting), si intende *la stima della potenza media prodotta da una specifica turbina eolica, situata in uno o più luoghi.*

Un'indagine accurata per effettuare una caratterizzazione eolica del sito deve tener conto di diversi fattori quali: la presenza di linee elettriche e trasformatori, l'impiego attuale e futuro del territorio, ecc...; tuttavia tali aspetti non sono presi in considerazione in questa sede.

La procedura per la caratterizzazione eolica di un sito prevede i seguenti passaggi:

- selezione di un'appropriata climatologia regionale dei venti;
- determinazione dell'influenza della rugosità del terreno circostante;
- determinazione dell'influenza dell'effetto-barriera dovuto ad ostacoli prossimi al sito;
- determinazione degli effetti dell'orografia locale;
- calcolo della distribuzione di Weibull risultante;
- calcolo della potenza media, per mezzo della distribuzione di Weibull e della curva di potenza della turbina eolica.

5.1 Selezione della climatologia del vento per un sito

La selezione di un'appropriata climatologia regionale dei venti per un sito, dipende dalla selezione delle statistiche provenienti da una delle stazioni prese in esame.

É preferibile selezionare una stazione posta in una posizione topografica simile a quella del sito. Questa considerazione riveste particolare valore nel caso di aree

montagnose o rivierasche. La stazione prescelta dovrebbe trovarsi, possibilmente, a non più di 100 Km dal sito.

La previsione della potenza per i siti collocati in terreni del tipo 5, é suscettibile di notevole incertezza e si raccomanda che il sito e la stazione prescelta si trovino in terreni simili fra loro. Come é stato già notato, la localizzazione dei siti in zone collinari o montagnose può essere effettuata soltanto su computer con l'aiuto di un modello orografico numerico.

La qualità delle statistiche di una stazione può essere giudicata dalle informazioni stesse relative alle statistiche di quella stazione, e precisamente:

- la descrizione delle condizioni locali di ogni stazione;
- le statistiche dei dati grezzi;
- l'impronta climatologica del vento.

La descrizione potrebbe far emergere dei problemi circa la qualità dei dati, come ad es. che le misure sono state effettuate in cima ad un edificio o in presenza di ostacoli non trascurabili.

La statistica dei dati grezzi può far emergere talune anomalie quali l'incanalamento del flusso, che determina frequenze altissime del vento in un determinato settore e, non di rado, in due settori diametralmente opposti. Un esempio é fornito dalla stazione britannica di Fort Augustus, in cui le statistiche pongono in chiara evidenza l'effetto della Great Glen Valley sul flusso. Inoltre, da queste stesse statistiche é possibile che si evidenzino condizioni di notevole effetto-barriera, con conseguenza di alte frequenze della velocità del vento al di sotto di 1 m s^{-1} .

L'impronta climatologica del vento può essere utilizzata per valutare se talune caratteristiche, quali la variazione annuale e giornaliera, rientrano nell'esperienza generale. L'andamento relativo alle medie riguardante il periodo di misura può prefigurare una possibile tendenza nella serie dei dati.

Qualora possibile, é opportuno evitare l'uso di stazioni fortemente protette per scopi di localizzazione. Per siti in cui é evidente l'effetto di incanalamento del flusso indotto dall'orografia, si può ricorrere all'impiego di una stazione di radiosondaggio posta nelle vicinanze. Un esempio é fornito nel Capitolo 9 (Tabella 9.1), in cui le statistiche della stazione di radiosondaggio di Stornoway vengono utilizzate per prevedere il clima del vento a Fort Augustus.

Un confronto fra stazioni che si ritiene siano rappresentative della stessa climatologia eolica, é riportato nel Capitolo 9. I risultati possono essere utilizzati per valutare la possibilità di impiegare una stazione a scopo di caratterizzazione eolica dei siti in una determinata regione.

5.2 Classificazione della rugosità e calcolo delle statistiche di un sito

Il problema della classificazione della rugosità del terreno in una determinata area, consiste nell'assegnare l'esatta lunghezza o classe di rugosità ai diversi tipi di superfici che circondano il sito. Viene quindi dapprima suddiviso l'orizzonte in 12 settori di 30 gradi ciascuno, poi si procede alla classificazione, settore per settore. Se la classificazione viene effettuata tenendo conto delle classi di rugosità, allora le corrispondenti distribuzioni di Weibull si possono trovare nella selezione delle statistiche regionali. Se il terreno è della stessa classe di rugosità in tutti i settori, le statistiche possono essere ricavate direttamente dalle colonne recanti l'intestazione *Totali*. Nella pressoché generalità dei casi, accade che la rugosità del terreno non è la stessa in tutte le direzioni e le statistiche debbono allora essere ricavate per ogni singolo settore, applicando la corrispondente classe di rugosità. Successivamente, le statistiche settoriali debbono essere riassunte in una statistica complessiva, ad es. una funzione di distribuzione di Weibull per il sito. Nella Sezione successiva vengono trattate le procedure per determinare gli effetti dei cambiamenti della classe di rugosità da un settore all'altro ed all'interno di più settori.

Se è stata selezionata una lunghezza di rugosità che non corrisponde alla classe di rugosità (class 1: $z_0 = 0.03$ m, class 2: $z_0 = 0.10$ m, class 3: $z_0 = 0.40$ m), allora i parametri di Weibull si ottengono per interpolazione o estrapolazione dai valori delle tabelle. Questa procedura si applica a classi di rugosità valutate su *terreno*. La classe di rugosità 0 ($z_0 = 0.0002$ m) si riferisce a condizioni riguardanti *superfici d'acqua*. Se ad un terreno è assegnata una lunghezza di rugosità inferiore a quella di classe 1, il cui valore è 0.03 m, i corrispondenti parametri di Weibull vengono dedotti per estrapolazione ricorrendo ai valori relativi alle classi di rugosità 1 e 2. Per una lunghezza di rugosità superiore a 0.4 m i parametri di Weibull si determinano per estrapolazione dai valori delle classi 2 e 3. Per le lunghezze di rugosità z'_0 selezionate, si calcola un fattore peso W :

$$W = \frac{\ln(z_{0b}/z'_0)}{\ln(z_{0b}/z_{0a})} \quad (5.1)$$

dove $z_{0a} = 0.03$ m e $z_{0b} = 0.10$ m per $z'_0 < 0.10$ m; mentre $z_{0a} = 0.10$ m e $z_{0b} = 0.40$ m per $z'_0 > 0.10$ m. I parametri di Weibull sono quindi:

$$\begin{aligned} A' &= WA_a + (1 - W)A_b \\ k' &= Wk_a + (1 - W)k_b \\ f' &= Wf_a + (1 - W)f_b \end{aligned} \quad (5.2)$$

dove gli indici a e b si riferiscono ai valori della tabella per le due rugosità z_{0a} e z_{0b} , rispettivamente. Analogamente, l'interpolazione e l'extrapolazione ad un'altezza diversa da quella della tabella d'ingresso può essere effettuata ricorrendo all'equazione 5.2 con $W = \ln(z_b/z)/\ln(z_b/z_a)$, dove gli indici a e b indicano le altezze z_a ed z_b della tabella, con z_b maggiore delle due.

Calcolo della densità di potenza media

La potenza media del vento su aree di una data classe di rugosità é fornita direttamente dalle mappe sulle risorse eoliche nel Capitolo 2. É stato mostrato nel Capitolo 4 come le mappe possono essere impiegate nell'accertamento delle risorse regionali. Tuttavia, per gli accertamenti locali, quali ad esempio la comparazione tra diversi possibili siti di una regione, é pressoché indispensabile eseguire i calcoli facendo uso delle statistiche della stazione appropriata.

La densità di potenza media del vento E , che é uguale alla media del flusso dell'energia cinetica per unità di area perpendicolare al flusso, é fornita da (vedi Capitolo 8):

$$E = \frac{1}{2} \rho u^3 \quad (5.3)$$

dove ρ é la densità media¹ dell'aria, e u^3 rappresenta il valore medio della terza potenza della velocità del vento. In termini dei parametri di Weibull A e k , la potenza media può essere espressa come:

$$E = A^3 F_E(k) \quad (5.4)$$

La funzione $F_E(k)$ é tabulata in Appendice B, Tabella B.2; quindi E può essere calcolata per ciascun settore di direzione. La potenza media totale é quindi rappresentata dalla somma ponderata:

$$E = f_1 E_1 + f_2 E_2 + \dots + f_{12} E_{12} \quad (5.5)$$

in cui f_1, f_2, \dots, f_{12} rappresentano le frequenze di occorrenza rilevate nei singoli settori, e E_1, E_2, \dots, E_{12} sono le potenze medie nei 12 settori, calcolate dalla Eq. 5.4.

Per situazioni in cui la classe di rugosità non é la stessa per tutti i settori, la somma delle frequenze così come si ricava dalle statistiche delle stazioni, non corrisponde al 100%. Ciò é dovuto al fatto che l'angolo fra il vento geostrofico e quello di superficie dipende dalla rugosità di quest'ultima, così com'è descritto nel Capitolo 8. La deviazione é pressoché impercettibile e spesso accade che venga ignorata. Negli esempi che seguono questo dato é tenuto presente normalizzando:

$$E = \frac{\sum f_i E_i}{\sum f_i} \quad (5.6)$$

¹Piú correttamente a ρ dovrebbe essere assegnato il valore $\overline{\rho u^3} / \overline{u^3}$ dove la barra sovrapposta sta ad indicare la media nel tempo. Valori di ρ , al variare della temperatura e dell'altezza, sono forniti in Appendice B, Tabella B.1. Vedere anche la Sezione 6.1.

Esempio 5.1 Calcolo della densità di potenza media ad una altezza di 50 metri in un sito posto lungo la fascia costiera Nord- Occidentale dell'Olanda. L'informazione richiesta è estratta dalle statistiche della stazione di *Eelde* ed è riassunta nella Tabella 5.1.

Tabella 5.1. Schema per calcolare la densità di potenza media

Settore	Cl.	A	k	f	E
1	0	8.7	2.58	5.6	436
2	0	8.0	2.47	6.5	348
3	0	9.3	2.25	7.7	587
4	1	7.3	2.40	9.0	270
5	1	6.6	2.38	6.8	201
6	1	6.7	2.22	5.6	222
7	1	8.1	2.14	8.7	405
8	1	8.9	2.27	12.3	511
9	1	8.7	2.31	14.4	470
10	0	10.4	2.22	11.2	830
11	0	9.6	2.14	7.7	674
12	0	9.5	2.49	6.1	580

$$E = \frac{\sum f_i E_i}{\sum f_i} = \frac{489}{1.02} = 479 \text{ Wm}^{-2}$$

Nell'esempio 5.2, presentato nella sezione che segue, questa stima viene confrontata con quelle corrispondenti, ottenute da quattro stazioni olandesi fra loro vicine.

Calcolo dei parametri di Weibull

I parametri di Weibull corrispondenti ad una situazione in cui la rugosità non è la stessa in tutti i settori, possono essere calcolati con buona approssimazione facendo uso delle medie e dei valori quadratici medi:

$$\begin{aligned} M &= A \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \\ u^2 &= A^2 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) \end{aligned} \tag{5.7}$$

in cui M rappresenta il valore medio, u^2 il valore quadratico medio di una distribuzione di Weibull avente come parametri A e k , e Γ rappresenta la funzione Gamma, le cui definizioni sono riportate nella Sezione 8.6.

Usando queste equazioni, M ed u^2 possono essere determinati per ciascun settore di direzione. I valori della distribuzione sono quindi forniti dalle somme ponderate:

$$\begin{aligned} M &= f_1 M_1 + f_2 M_2 + \dots + f_{12} M_{12} \\ u^2 &= f_1 u_1^2 + f_2 u_2^2 + \dots + f_{12} u_{12}^2 \end{aligned} \quad (5.8)$$

I parametri di Weibull corrispondenti alla distribuzione totale possono quindi essere stimati usando le espressioni:

$$\frac{M^2}{u^2} = \frac{\Gamma^2(1 + \frac{1}{k})}{\Gamma(1 + \frac{2}{k})} \quad \text{ed} \quad M = A \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (5.9)$$

dove A e k rappresentano ora i parametri della distribuzione totale. Per aiutare il lettore nelle applicazioni pratiche, le soluzioni di queste equazioni sono tabulate in Appendice B, Tabelle B.5 e B.6. Così pure, la funzione Gamma é riportata nelle tabelle B.3 e B.4, per l'intervallo dei valori che piú interessano.

La procedura per determinare i parametri di Weibull della distribuzione totale può essere riassunta nei seguenti passaggi:

1. Si determina A e k nonché di f per ciascun settore;
2. Si determina $F_M(k)$ con l'impiego della Tavola B.3 per ciascun settore; quindi si moltiplica per A del settore al fine di ottenere M_1, M_2, \dots, M_{12} .
3. Si determina u^2 di ciascun settore (come ad es. $u_1^2, u_2^2, \dots, u_{12}^2$) per mezzo di $F_u(k)$ dalla Tabella B.4 ed $u^2 = A^2 \cdot F_u(k)$.
4. Si calcola la somma pesata dei valori medi e dei valori quadratici medi per ottenere il valore medio M e il valore quadratico medio u^2 della distribuzione totale.
5. Si calcola M^2/u^2 e si usa il valore riportato in Tabella B.5, al fine di ottenere il k della distribuzione totale.
6. Il k così ricavato si inserisce nella Tabella B.6 per ottenere $F_A(k)$ e si usa $A = M/F_A(k)$, con M ottenuto nel passaggio 4, al fine di ricavare A della distribuzione totale.

Questi calcoli sono facilmente ottenibili, come risulta dagli esempi che seguono.

Esempio 5.2 Si consideri la situazione nell'esempio precedente e si calcolino i parametri di Weibull della distribuzione della velocità del vento.

L'informazione ricavata dalle statistiche della stazione di *Eelde* é fornita nella Tavola 5.2 e la procedura evidenziata in precedenza é riassunta sotto la tabella.

Tabella 5.2. Schema per il calcolo dei parametri di Weibull della distribuzione totale.

Settore	Cl.	A	k	f	M	u^2
1	0	8.7	2.58	5.6	7.7	70.0
2	0	8.0	2.47	6.5	7.1	59.8
3	0	9.3	2.25	7.7	8.2	82.9
4	1	7.3	2.40	9.0	6.5	50.1
5	1	6.6	2.38	6.8	5.9	41.1
6	1	6.7	2.22	5.6	5.9	43.2
7	1	8.1	2.14	8.7	7.2	63.9
8	1	8.9	2.27	12.3	7.9	75.7
9	1	8.7	2.31	14.4	7.7	71.9
10	0	10.4	2.22	11.2	9.2	104.1
11	0	9.6	2.14	7.7	8.5	89.8
12	0	9.5	2.49	6.1	8.4	84.1

$$M = \frac{\sum M_i f_i}{\sum f_i} = \frac{7.74}{1.02} = 7.6$$

$$u^2 = \frac{\sum u_i^2 f_i}{\sum f_i} = \frac{72.8}{1.02} = 71.4$$

$$\frac{M^2}{u^2} = 0.809$$

$$k = F_k(0.809) = 2.17 \quad (\text{Tabella B.5})$$

$$A = M \cdot F_A(2.17) = 8.6 \quad (\text{Tabella B.6})$$

La Tabella B.2 può ora essere utilizzata per stimare la densità di potenza totale disponibile

$$E = A^3 F_E(k) = 8.6^3 F_E(2.17) = 4195 \text{ kWh m}^{-2} \text{ y}^{-1} = 479 \text{ Wm}^{-2}$$

Come previsto, il risultato è uguale a quello ottenuto nell'Esempio 5.1.

Un nuovo calcolo di questo esempio, che faccia uso delle statistiche delle vicine stazioni di Schiphol, Leeuwarden e Texel, fornisce i risultati esposti in Tabella 5.3. Questa Tabella mostra che le stime sono perfettamente comparabili.

Da notare che la procedura descritta in questa sezione è basata sull'assunzione che la distribuzione totale è quella di Weibull; di conseguenza, quanto più debole è la somiglianza con questa, tanto più inaffidabili sono i calcoli.

Tabella 5.3. Stime della velocità media del vento, della densità di potenza media e dei parametri di Weibull a 50 m di altezza, su di un sito posto lungo le coste del Mar del Nord in Olanda. Calcolo eseguito mediante le statistiche derivanti da 4 stazioni olandesi.

Stazione	M ms^{-1}	A ms^{-1}	k	E Wm^{-2}
Eelde	7.6	8.6	2.17	479
Schiphol	7.6	8.6	2.17	480
Leeuwarden	7.8	8.8	2.16	516
Texel	7.6	8.6	1.97	524

In questa sezione é stato evidenziato come si possa procedere ad una stima dei parametri di Weibull nel caso in cui la classe di rugosit  non sia la stessa per tutti i settori di direzione. Non   inusuale, d’altro canto, imbattersi in situazioni in cui il terreno non pu  essere considerato omogeneo in uno o pi  settori, a causa di marcati cambiamenti di rugosit  che si verificano ad una certa distanza dal punto di interesse. In questi casi, per stimare i parametri di Weibull, si pu  far ricorso ad un semplice metodo basato su prove sperimentali che sviluppa uno strato limite interno sottovento ad un cambiamento di rugosit  del terreno. L’altezza di questo strato limite cresce con la distanza dal cambiamento, in direzione sottovento ad esso. Al di sopra di questo strato, il cambiamento di rugosit  non si avverte e la velocit  del vento   determinata dalla prima rugosit  del terreno che si trova sopravento. All’interno dello strato la velocit  del vento   condizionata da entrambi i tipi di rugosit  che si trovano sopra e sottovento.

La situazione che contempla un cambiamento di rugosit , mostrata nella Fig. 5.1,   quindi la seguente: l’aria passa su di un’area avente una superficie di rugosit  z_{01} e quindi, su un’altra con una superficie di rugosit  z_{02} . Sopravento al cambiamento di rugosit  e al di sopra dello strato limite interno che si sta sviluppando, la velocit  del vento   determinata dalla rugosit  sopravento z_{01} . Al di sotto dell’altezza h , sottovento al cambio di rugosit , la velocit  del vento   data dal valore sopravento, modificato da un fattore che dipende dall’altezza rispetto al terreno, dalle due rugosit  e dall’altezza h . Quest’ultima la si pu  leggere nella Fig. 5.2; essa dovrebbe essere dedotta dalla curva corrispondente alla pi  ampia fra le due classi di rugosit . In alternativa, h pu  essere determinato dall’espressione:

$$\frac{h}{z'_0} \left(\ln \frac{h}{z'_0} - 1 \right) = 0.9 \cdot \frac{x}{z'_0}$$
$$z'_0 = \max(z_{01}, z_{02})$$

(5.10)

Applicando tali concetti ad una turbina eolica, si ha che, se l’altezza del mozzo   maggiore di h , il terreno visto dalla turbina pu  allora essere considerato omogeneo e si pu  quindi prescindere dal prendere in considerazione il cambio di rugosit . Nella ipotesi, invece, che l’altezza del mozzo sia inferiore ad h , i parametri di Weibull debbono essere modificati in modo da tener conto degli effetti del cambio della rugosit . La procedura che si raccomanda per correggere i parametri di Weibull   la seguente:

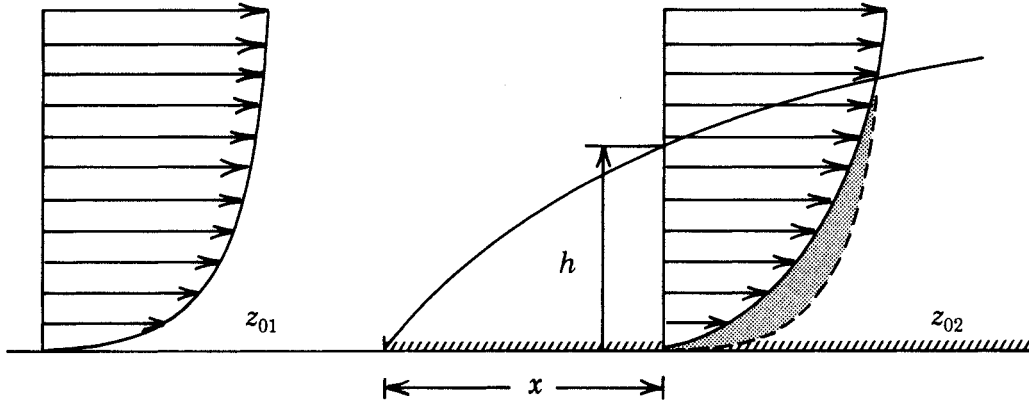


Figura 5.1. Situazione idealizzata di un flusso con un notevole cambio di classe di rugosità. La figura mostra il profilo del vento e la rugosità z_{01} prima che si abbia il cambiamento di rugosità, insieme con il profilo alla distanza x sottovento al esso. La rugosità successiva al cambiamento è z_{02} . L'altezza dello strato limite interno h è funzione di x .

- Si determinano i parametri A e k relativi alle condizioni sopravvento, z_{01} , come descritto in questo Capitolo.
- Si determina l'altezza h dello strato limite interno dall'Eq. 5.10, oppure dalla Fig. 5.2.
- Se l'altezza del mozzo è maggiore di h , non va apportata alcuna correzione.
- Se l'altezza del mozzo è minore di h , allora il parametro di Weibull A , determinato per condizioni sopravvento, va corretto adeguandolo alle condizioni del sito.

$$A_{site(z_{02})} = A_{upwind(z_{01})} \cdot \text{Cor}$$

$$\text{Cor} = \frac{\ln(z/z_{02}) \ln(h/z_{01})}{\ln(z/z_{01}) \ln(h/z_{02})}$$

Nel caso in cui il terreno che si trova prima del cambio di rugosità è all'incirca omogeneo, mentre quello successivo risulta formato da aree differenti fra loro, si può stimare una rugosità risultante z_0^R tramite la Tavola 5.4.

La procedura consiste nel dividere il segmento in quarti che siano approssimativamente della medesima rugosità, e la Tabella 5.4 fornisce la lunghezza di rugosità complessiva del segmento in funzione del numero di quarti di ogni classe di rugosità del segmento.

Tabella 5.4. Lunghezza di rugosità pesata sull'area, z_0^R . L'area viene suddivisa in quarti e ciascun quarto viene classificato secondo i parametri di rugosità dell'Atlante del Vento. z_0^R viene fornito come funzione del numero dei quarti di ogni classe di rugosità nell'area.

Classe:	0	1	2	3	z_0^R
z_0 [m]:	0.0002	0.03	0.10	0.40	[m]
	3	1			0.001
	3		1		0.002
	3			1	0.003
	2	2			0.004
	2	1	1		0.006
	2	1		1	0.010
	2		2		0.009
	2		1	1	0.015
	2			2	0.025
	1	3			0.011
	1	2	1		0.017
	1	2		1	0.027
	1	1	2		0.024
	1	1	1	1	0.038
	1	1		2	0.059
	1		3		0.033
	1		2	1	0.052
	1		1	2	0.079
	1			3	0.117
		3	1		0.042
		3		1	0.064
		2	2		0.056
		2	1	1	0.086
		2		2	0.127
		1	3		0.077
		1	2	1	0.113
		1	1	2	0.163
		1		3	0.232
			3	1	0.146
			2	2	0.209
			1	3	0.292

Quando il segmento di settore é stato suddiviso, bisogna allora tener ben presente che le aree piú prossime al sito, eserciteranno una maggiore influenza sulla velocità del vento in quel sito. Applicando il principio mostrato nella Fig. 5.3, i pesi maggiori vengono assegnati alle aree piú prossime quando a ciascuna delle aree I, II, III e IV viene assegnato lo stesso peso. Pertanto, se le aree I, II, III e IV, sono di classe 0, 1, 2 e 3 rispettivamente, la rugosità risultante derivata dalla tabella 5.4 é ≈ 0.04 m.

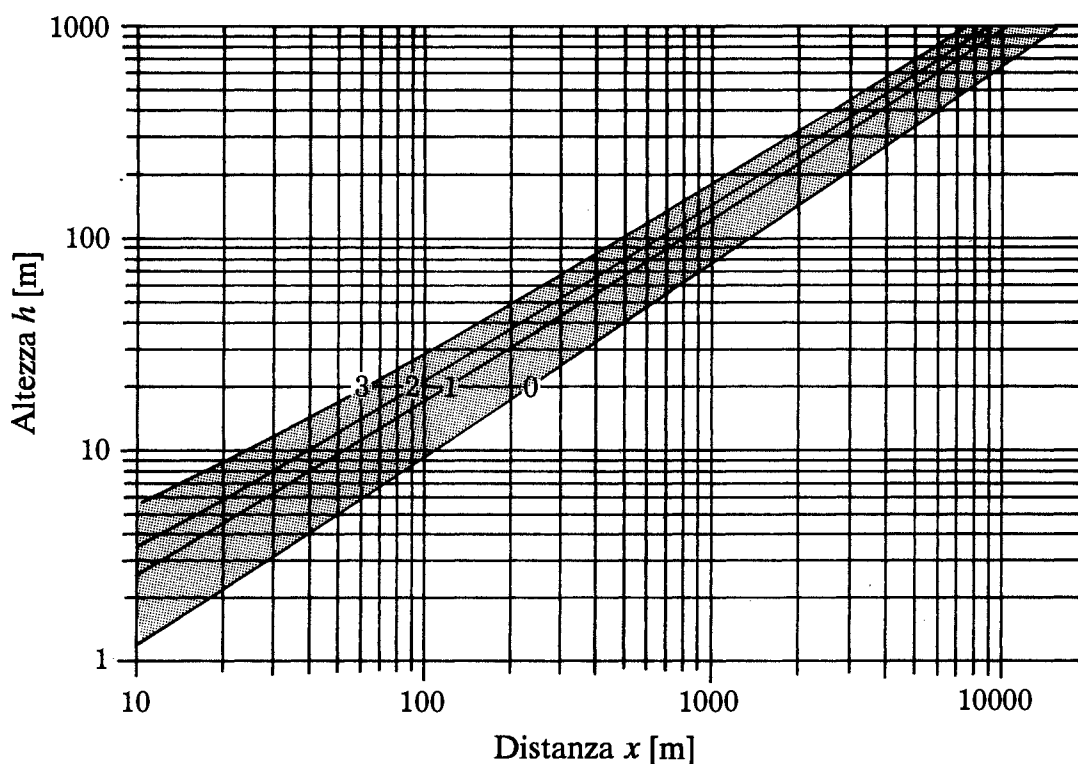


Figura 5.2. Altezza dello strato limite interno h in funzione della distanza x sottovento al cambio di rugosità, per le quattro classi di rugosità (da 0 a 3).

Esempio 5.3 La Figura 5.4 mostra una turbina eolica alta 30 m, situata a 2 km dalla costa in una zona di campagna, pianeggiante ed aperta. Il cambio di rugosità si verifica chiaramente sulla costa dove la lunghezza di rugosità sopravvento è di 0.0002 m. Si rende quindi necessario determinare la rugosità del segmento che va dalla costa alla distanza minima L dalla turbina, dove la rugosità del terreno può essere avvertita all'altezza del mozzo. La lunghezza L può essere letta dalla Fig. 5.2; per un'altezza del mozzo di 30 m in un terreno di classe 1, L equivale a 200 m. Per un tale segmento, la Tabella 5.4 fornisce una lunghezza di rugosità complessiva di ≈ 0.16 m.

L'altezza h è stimata in base alla Fig. 5.2, oppure alla Eq. 5.10, da cui si ricava $h \approx 280$ m, e il fattore di correzione diventa:

$$\text{Cor} = \frac{\ln(30/0.16) \ln(280/0.0002)}{\ln(30/0.0002) \ln(280/0.16)} \approx 0.83$$

Quindi, se il parametro A sopravvento – al di sopra dell'acqua a 30 m di altezza – stimato dalle statistiche della stazione, risulta essere, diciamo 7 m s^{-1} , allora il parametro A all'altezza del mozzo, lungo il segmento situato nel settore considerato è $7 \cdot 0.83 = 5.8 \text{ m s}^{-1}$. Il parametro k non viene corretto.

In situazioni in cui si verificano significativi e complessi cambiamenti di rugosità, è allora necessario ricorrere ad una teoria più elaborata, come quella descritta nel Capitolo 8.

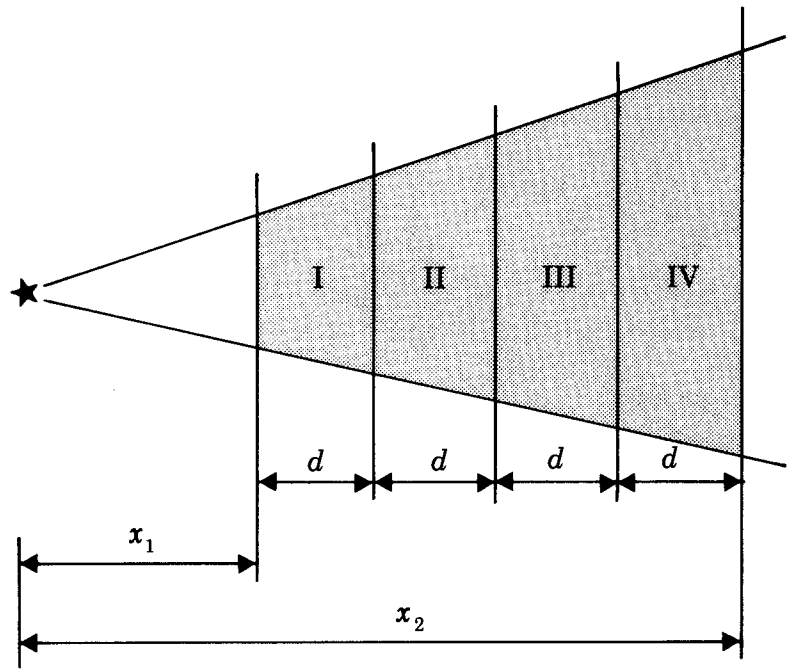


Figura 5.3. Principio delle aree pesate nel calcolo della rugosità.

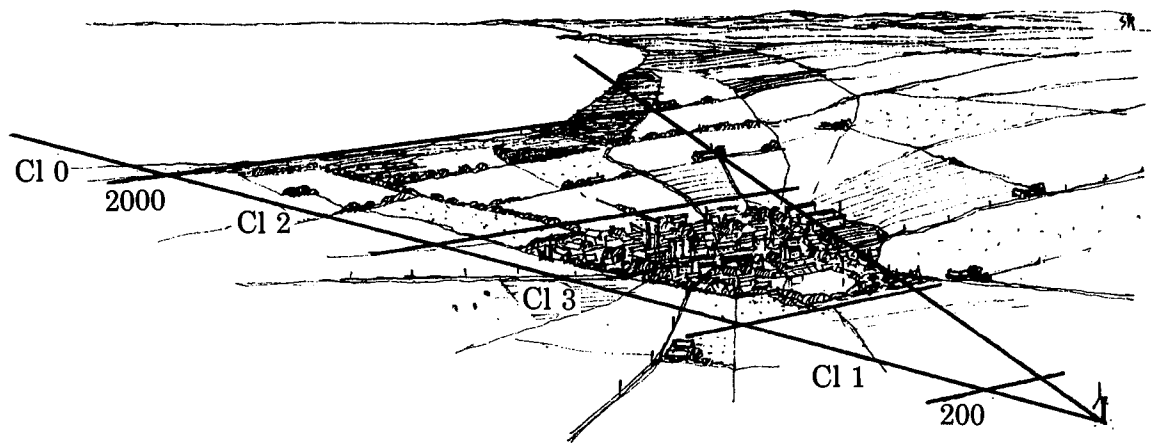


Figura 5.4. Un esempio di classificazione della rugosità (Esempio 5.3).

5.3 Calcolo dell'effetto-barriera

Si sconsiglia l'installazione di turbine eoliche in prossimità di edifici in quanto, fattori quali: l'intermittenza del flusso dovuta agli edifici, nonché la riduzione di produzione di energia, potrebbero influire in modo negativo sulla durata della turbina stessa. La perdita di produzione può essere stimata tramite i principi forniti nella Sez. 3.2.

Esempio 5.4 La Figura 5.5 illustra una situazione comune, quella cioè di un'azienda agricola che si trova all'interno di uno dei settori di direzione. Il parametro A di questo settore, subisce una riduzione in base ai seguenti calcoli:

distanza della casa dalla turbina	x	=	150 m
altezza degli edifici	h	=	6 m
altezza del mozzo	H	=	12 m

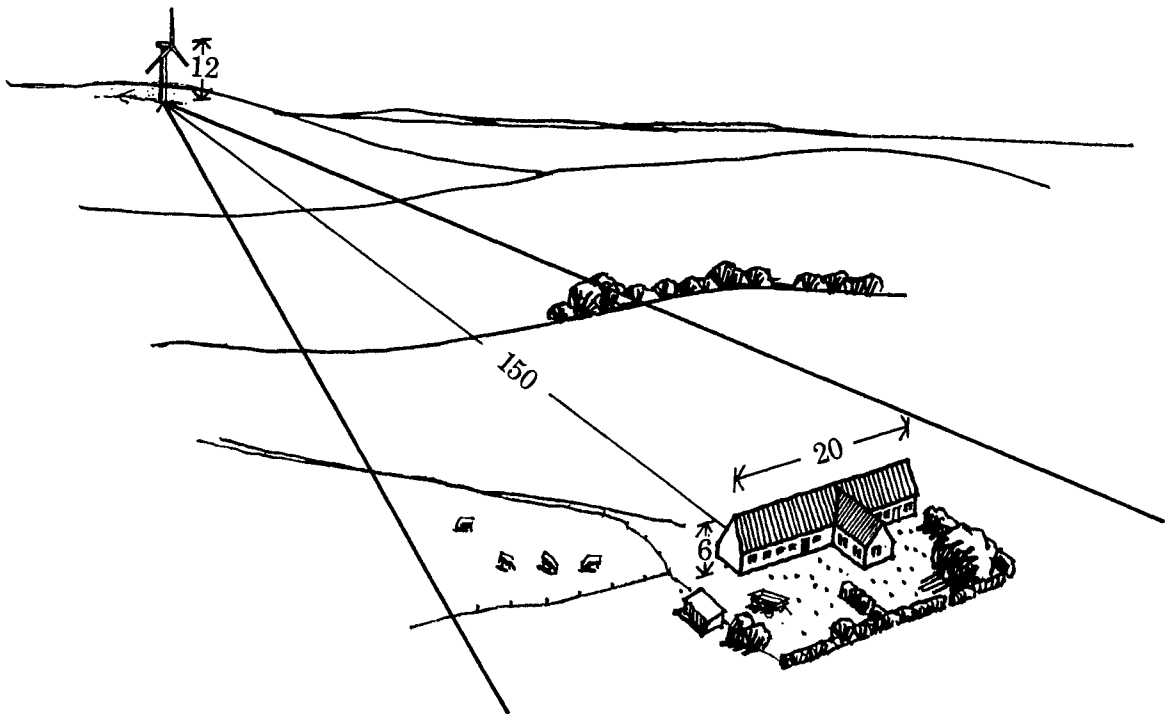


Figura 5.5. Esempio dell'effetto-barriera alle spalle di un edificio (Esempio 5.4).

pertanto $x/h = 25$ e $H/h = 2$, che, se introdotto nella Fig. 3.2, dà $R_1 \approx 16\%$. Questa riduzione si applica ad un manufatto infinitamente lungo; l'Eq. 3.4 dà la riduzione conseguente alla limitata lunghezza di un manufatto (20 m.):

$$R_2 = 2 \frac{L}{x} = 2 \frac{20}{150} = 0.27$$

L'Eq. 3.5 infine, fornisce la correzione del parametro A nel settore considerato:

$$A_{cor} = A(1 - 0.16 \cdot 0.27) = 0.96 A$$

Il parametro k non viene corretto.

Nel caso di situazioni più complesse, in cui cioè vi siano più ostacoli nello stesso settore, è allora necessario ricorrere a procedure più sofisticate, come descritto nel Capitolo 8.

5.4 Orografia

É noto che in cima a una collina, il vento tende ad essere piú forte che che non sul terreno circostante. Sarebbe quindi vantaggioso collocare le turbine in questa posizione.

Per il caso piú semplice di un crinale perpendicolare al vento, l'incremento di velocità ΔS e l'altezza in cui si ha il massimo incremento ℓ , possono essere calcolate dalle Eq. 3.7 e 3.8.

Se l'altezza del mozzo H é diversa da quella dell'altezza ℓ , l'aumento di velocità ΔS all'altezza H , viene calcolato nel modo che segue:

$$\Delta S_H = \begin{cases} \Delta S_\ell & \text{per } H \leq \ell \\ \Delta S_\ell \cdot \frac{\ln(H/2L)}{\ln(\ell/2L)} & \text{per } \ell < H \leq 2L \\ 0 & \text{per } 2L < H \end{cases} \quad (5.11)$$

in cui L rappresenta metà della larghezza della collina, come mostrato nella Fig. 3.6. L'effetto derivante dalla collocazione di una turbina eolica sulla cima di una collina, é preso in considerazione all'atto della determinazione dei parametri di Weibull, incrementando il parametro A in quei settori in cui il vento subisce un aumento di velocità per effetto della collina:

$$A_{cor} = A(1 + \Delta S) \quad (5.12)$$

Il parametro di Weibull k non viene corretto.

Si sottolinea che questa procedura va applicata solo nel caso di siti posti sulla sommità di un crinale isolato, e che i pendii non debbono superare ≈ 0.3 .

Esempio 5.5 Come esempio del calcolo degli effetti dell'incremento di velocità su una singola collina levigata, le Fig. 5.6–5.10 mostrano i risultati ottenuti con l'applicazione del modello orografico (Capitolo 8) alla collina di Blasheval in Scozia. Le perturbazioni sul flusso causate da queste colline sono state indagate in una ricerca descritta in Mason e King (1985). Un grafico delle linee di livello di questa collina é mostrato nella Fig. 5.6, ed un grafico in prospettiva della stessa é mostrato nella Fig. 5.7. Nella Fig. 5.14 viene illustrata la velocità relativa ad 8 m dal suolo, per venti provenienti dalla direzione di 210° per una serie di posizioni situate lungo una linea che attraversa la sommità; la linea é indicata nella Fig.-5.7. L'incremento relativo di velocità previsto alla sommità, é di circa il 70%, che corrisponde anche al valore osservato. Analogamente é possibile stimare tale incremento facendo uso dell'Eq. 5.10: la rugosità della superficie é di 0.01 m e dall'Eq. 3.8 si può stimare che

l'altezza ℓ , dove la crescita di velocità é massima, é 2.5 m. Qui il valore di L preso pari a 230 m, é stimato dalla Fig. 5.6 oppure dalla Fig. 5.8. Quando questi valori vengono inseriti nell'Eq. 5.1, essa predice un aumento relativo del 68%. Tuttavia la semplice formula (Eq. 5.10) può essere applicata solo al caso di una singola collina ben definita, e per la sola stima dell'aumento di velocità sulla cima.

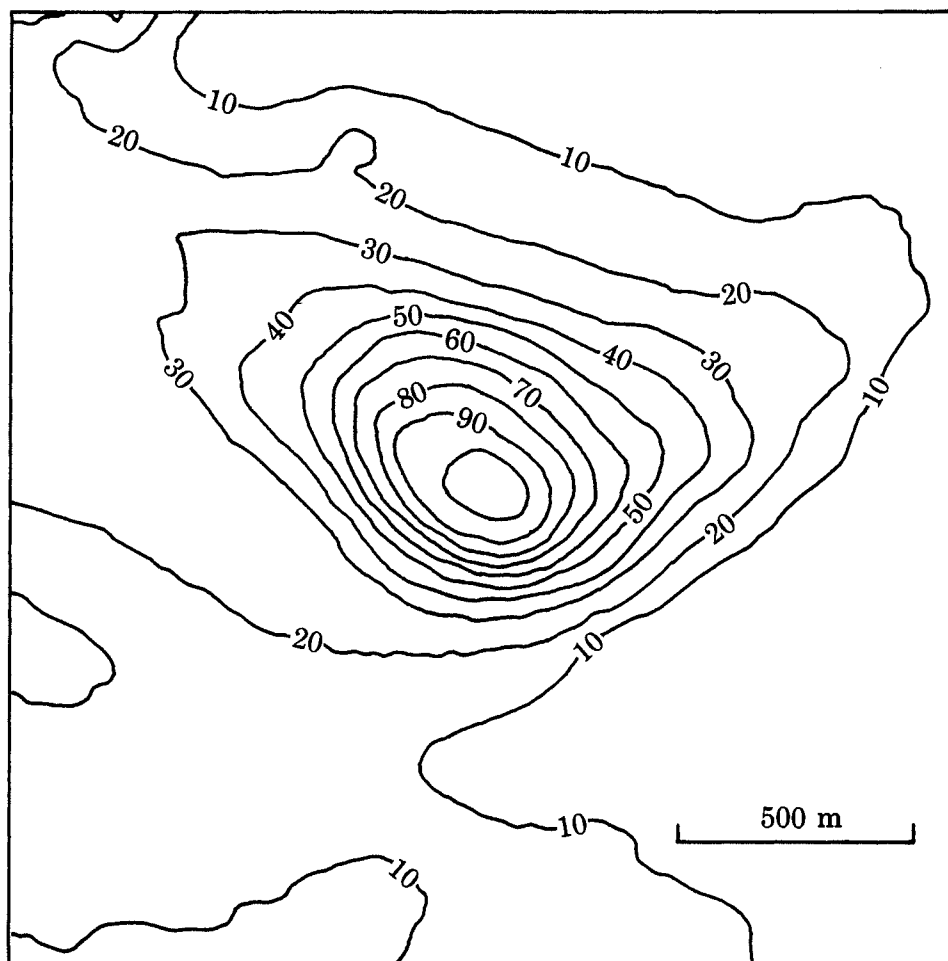


Figura 5.6. Mappe con curve di livello della collina di Blasheval. Le altezze sul livello del mare sono riportate ogni 10 metri.

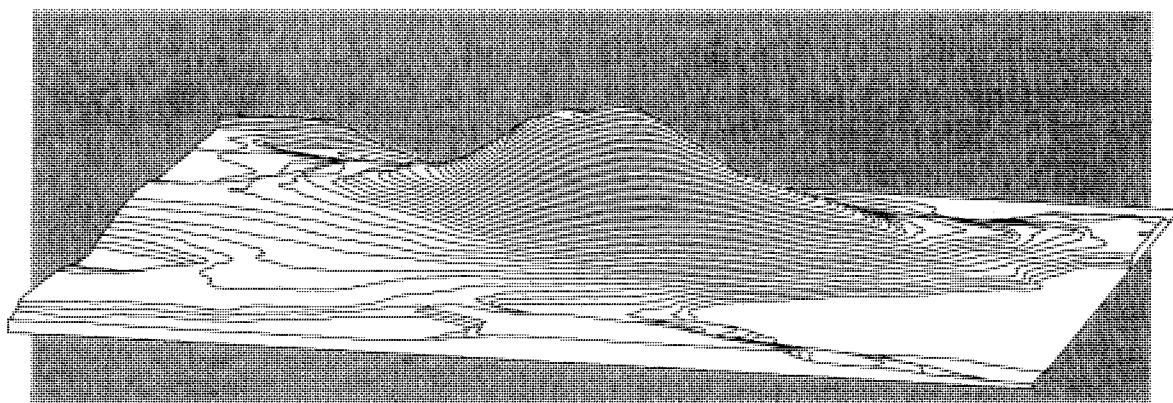


Figura 5.7. Grafico in prospettiva della collina di Blasheval. La collina è vista dal lato Sud. La scala verticale è esagerata di un fattore 5.

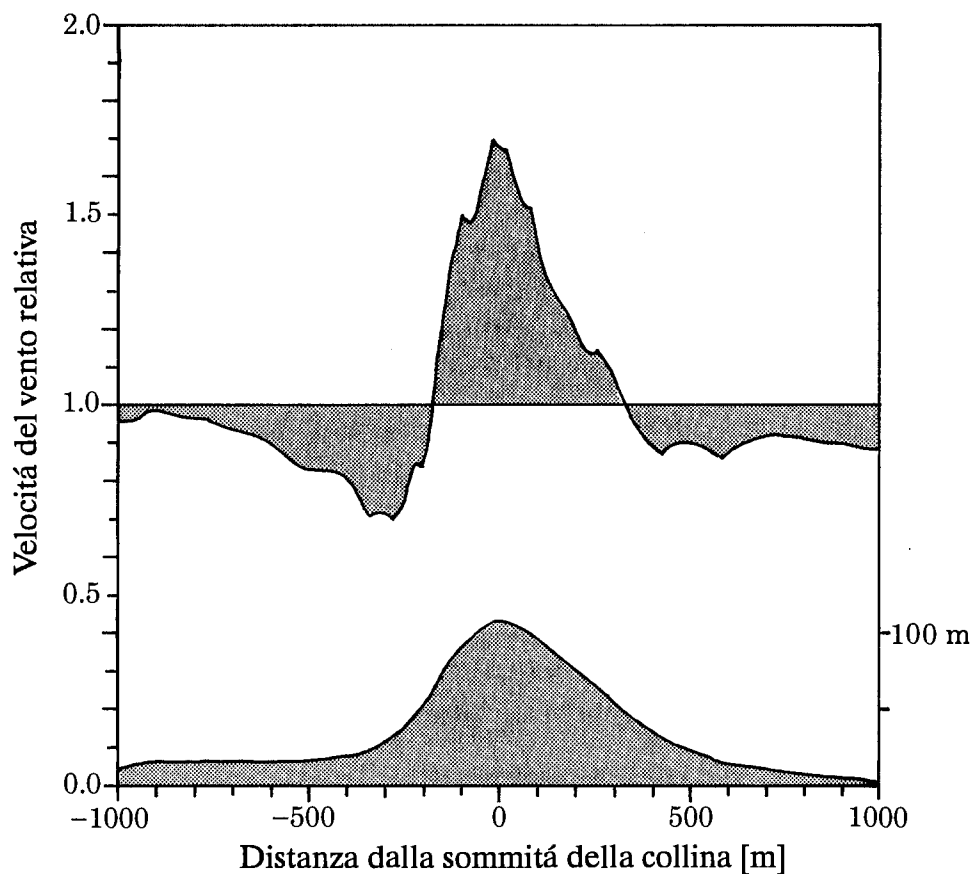


Figura 5.8. Variazione della velocità del vento lungo una linea orizzontale che attraversa la sommità della collina di Blasheval. La linea è indicata nella Fig. 5.6. L'asse orizzontale indica la distanza in metri dalla sommità. L'asse verticale indica il fattore di crescita relativa della velocità, calcolato all'altezza di 8 m dal suolo. Il grafico ombreggiato più in basso mostra l'altezza della sezione trasversale della collina.

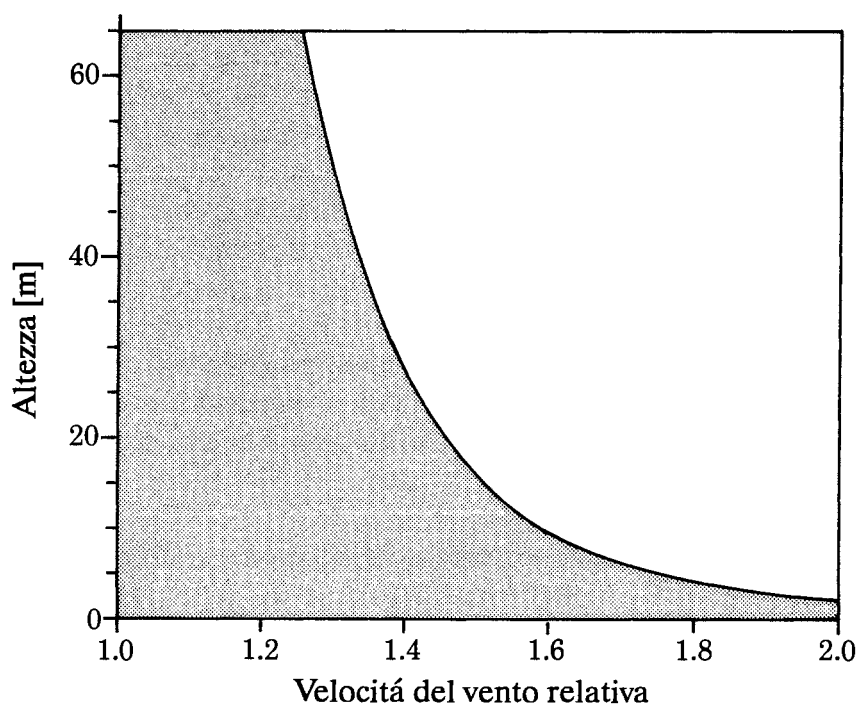


Figura 5.9. Variazione del profilo verticale della velocità del vento sopra la sommità della collina di Blasheval. L'asse orizzontale indica il fattore di crescita della velocità del vento. L'asse verticale indica l'altezza dal suolo.

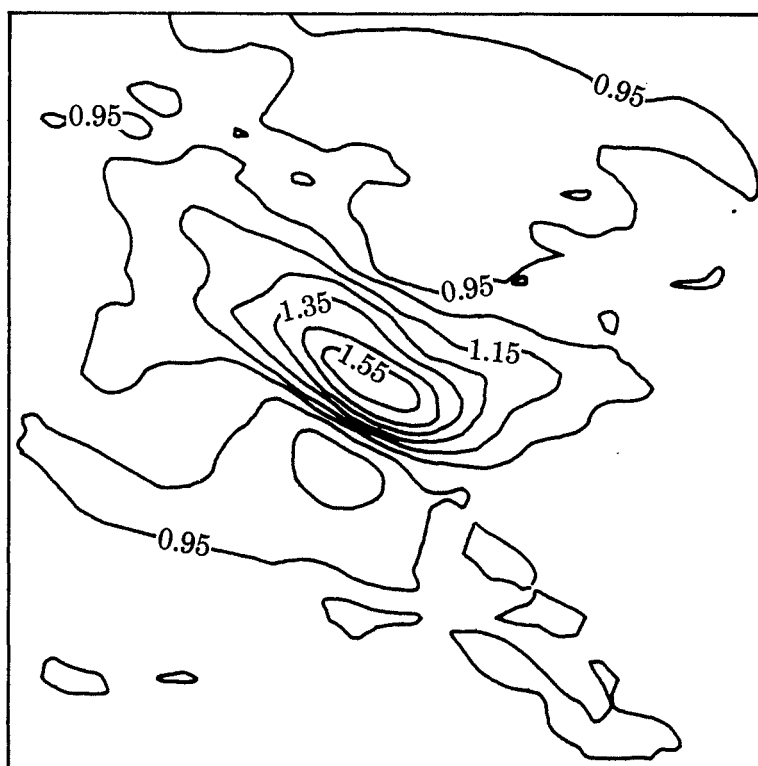


Figura 5.10. Variazione della velocità del vento in un'area circostante la collina di Blasheval. L'incremento relativo della velocità del vento, ad 8 metri dal suolo, è mostrato tramite isolinee di uguale aumento/diminuzione di velocità. La figura è stata disegnata in base ai risultati ottenuti applicando il modello orografico per ognuno dei 51×51 punti di griglia.

Un esempio di topografia più complessa è data dalle Fig. 5.11–5.13. Un grafico che presenta le curve di livello intorno alla stazione meteorologica di Burrington, UK, è mostrato in Fig. 5.11, mentre in Fig. 5.12 si vede lo stesso grafico in prospettiva. In entrambe le figure viene indicata una linea (linea orizzontale in Fig. 5.11, mentre la stazione meteorologica è situata all'intersezione delle due linee) lungo la quale l'incremento di velocità a 10 m dal suolo, per venti provenienti da 270° è stato calcolato mediante il modello orografico. I risultati, comprendenti anche l'altezza del terreno lungo questa linea, sono mostrati nella Fig. 5.13. Il terreno è ondulato con colline e valli ed i pendii sono moderati. Ciò comporta effetti di crescita della velocità dell'ordine di $\approx 10\%$. Le figure illustrano l'importanza di una attenta caratterizzazione eolica del sito, perfino nel caso di terreni aventi una morfologia relativamente semplice del tipo 2.

La maggior parte dei paesaggi presenta un assieme di caratteristiche topografiche che influenzano i venti. Le modifiche della velocità del vento in prossimità del suolo per colline piccole o di modeste dimensioni, sono dello stesso ordine di grandezza dei cambi tipici di vegetazione e densità degli ostacoli. La Figura 5.14 mostra (in maniera in qualche modo esagerata) una variazione della velocità del vento a 10 m dal suolo, muovendo dalla costa verso l'interno, in Danimarca. Una più corretta procedura di localizzazione dei siti, consiste nel tener conto degli effetti indicati nella figura.

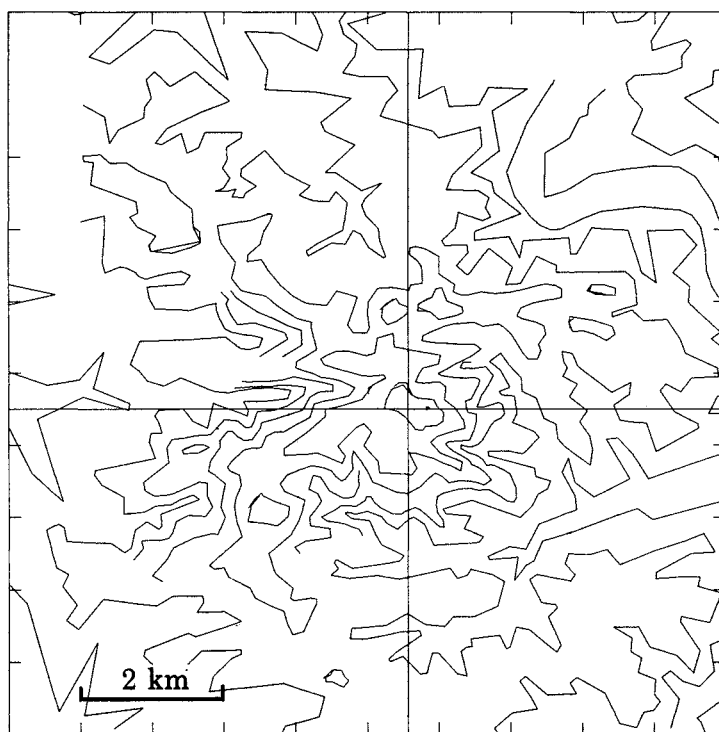


Figura 5.11. Grafico del territorio digitato, circostante Burrington, UK, usato come input per il modello orografico. La stazione meteorologica è situata nell'intersezione fra le due linee rette. I fattori di crescita della velocità, calcolati lungo la linea orizzontale, sono mostrati in Fig. 5.13.

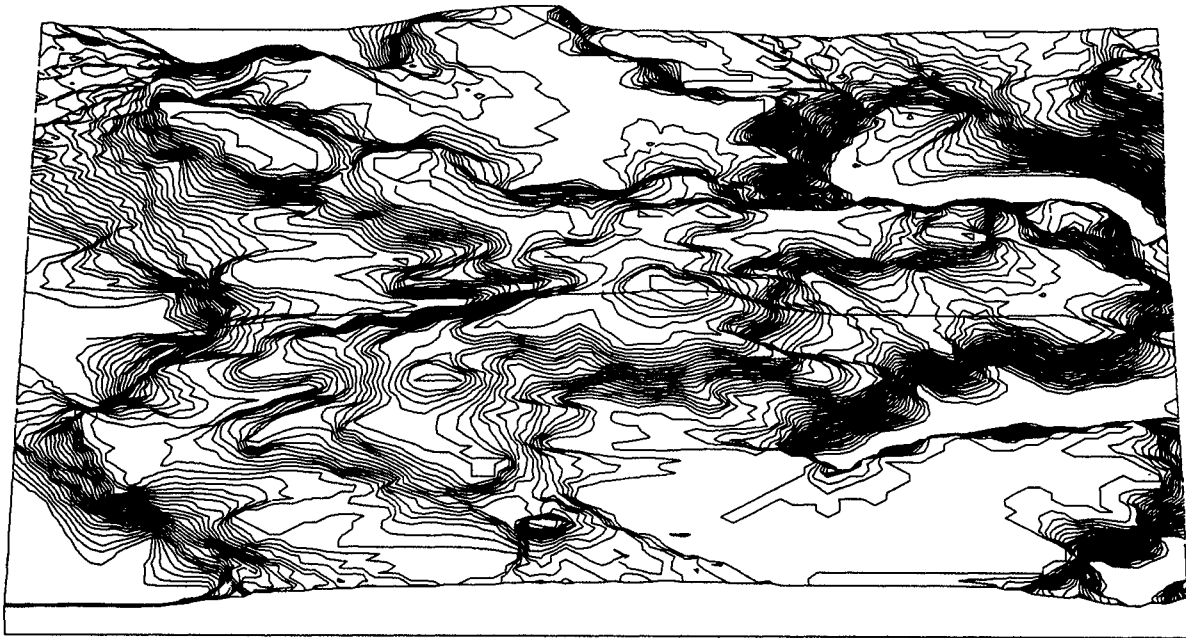


Figura 5.12. Grafico in prospettiva dei dintorni della stazione di Burrington, UK. La scala verticale é esagerata di un fattore 5. La linea indicata sul terreno corrisponde alla linea orizzontale mostrata in Fig. 5.11.

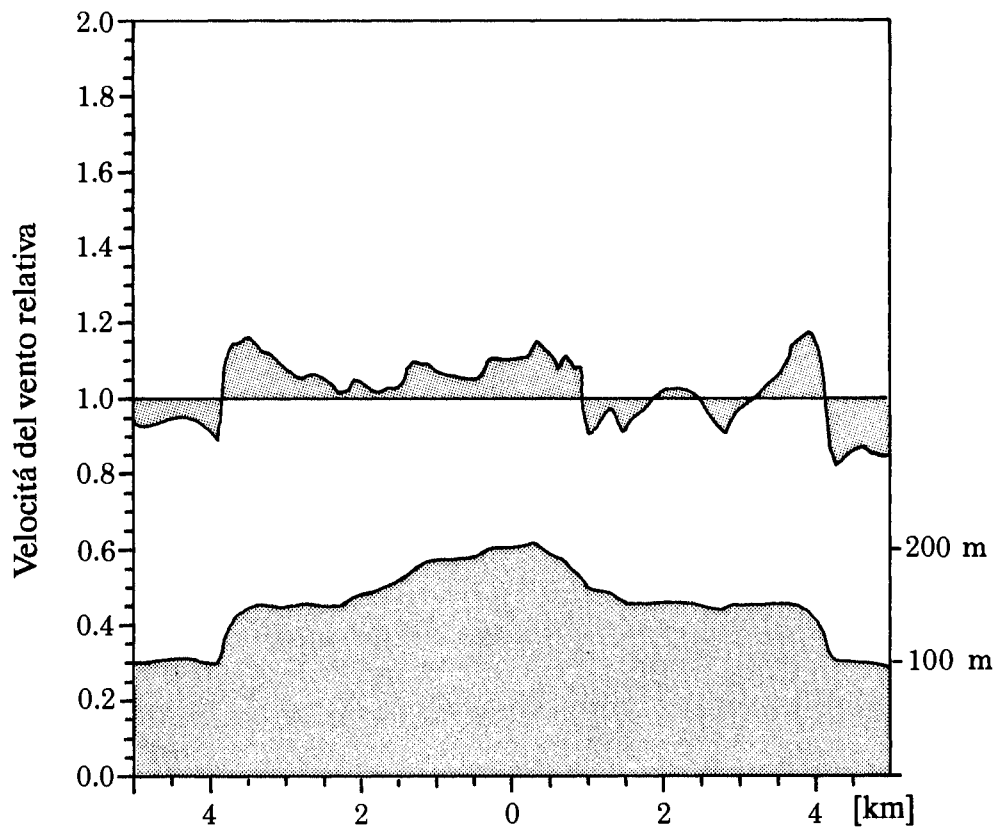


Figura 5.13. Variazione della velocità del vento lungo la linea orizzontale mostrata in Fig. 5.11. L'asse orizzontale indica la distanza in Km dalla stazione meteorologica. L'asse verticale indica il fattore di crescita relativo della velocità, calcolato a 10 metri dal suolo. Il grafico ombreggiato più in basso mostra l'altezza della sezione trasversale lungo la medesima linea.

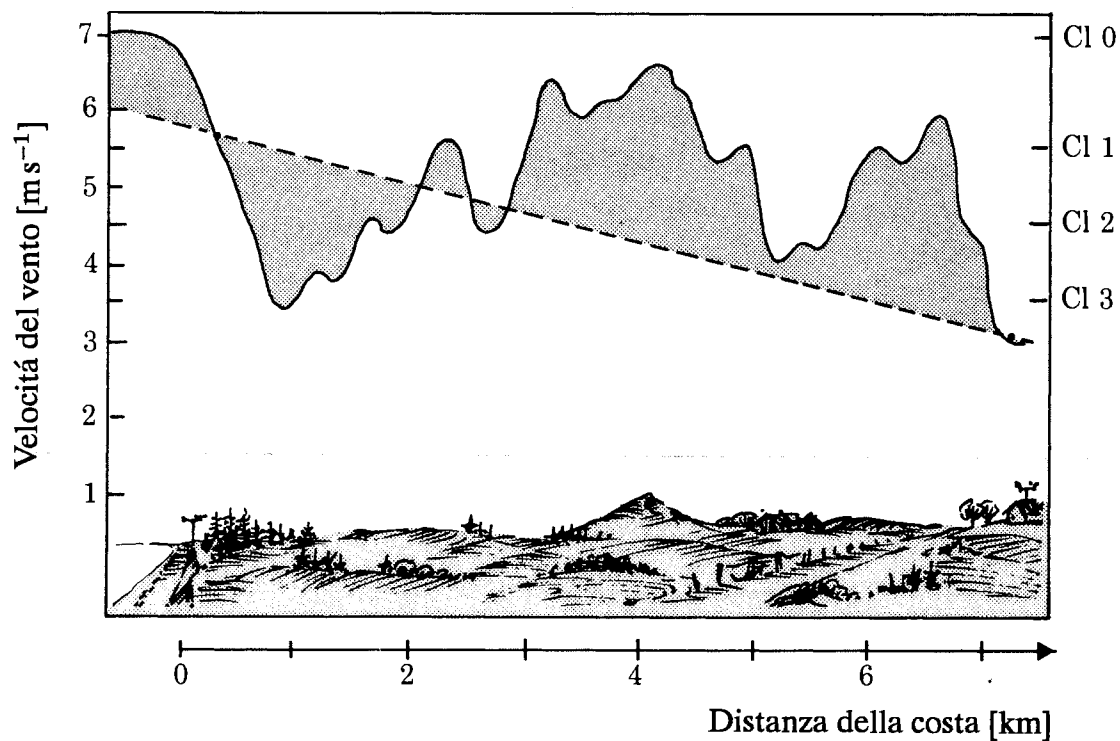


Figura 5.14. La variazione della velocità media del vento a 10 metri dal suolo dovuta agli effetti della topografia (linea continua). La variazione è leggermente esagerata, tuttavia l'intervallo di variabilità è tipico delle condizioni della Danimarca. La linea tratteggiata indica la velocità media del vento, ottenuta per interpolazione tra due stazioni distanti fra loro solo pochi chilometri. La differenza fra le due curve illustra gli errori tipici in cui si incorre quando si ignorano gli effetti topografici a piccola scala.

Capitolo 6

Produzione di potenza

La produzione di potenza di un aerogeneratore dipende dall'intensità del vento che agisce sul rotore. La velocità del vento misurata all'altezza del mozzo viene in genere usata come riferimento per calcolare la risposta del generatore eolico. La funzione di risposta è comunemente chiamata *curva di potenza*; quindi la curva di potenza $P(u)$ di un aerogeneratore è la potenza prodotta ad una data velocità del vento. In Fig. 6.1 è mostrato un esempio di curva di potenza: quando la velocità del vento rimane al di sotto di un valore di soglia, chiamato *velocità di inserimento*, il generatore non può produrre potenza. Quando la velocità del vento supera il valore di inserimento la potenza generata aumenta con l'aumentare della velocità del vento fino ad un massimo chiamato *potenza nominale*, dopodiché la potenza rimane pressoché costante. A velocità del vento maggiori di un valore chiamato *velocità di stacco* la turbina viene fermata per evitare danni strutturali.

6.1 Calcolo della produzione media di potenza

Usando la curva sperimentale di potenza $P(u)$ di un dato generatore eolico, si può stimare la produzione media di potenza una volta che si dispone della funzione di densità di probabilità del vento all'altezza del mozzo. Essa può essere determinata o mediante misure o con la procedura di caratterizzazione eolica del sito descritta nel Capitolo 5:

$$P = \int_0^{\infty} Pr(u)P(u) du \quad (6.1)$$

Se la funzione di densità di probabilità $Pr(u)$ è stata determinata usando la procedura per la caratterizzazione eolica del sito, essa è data nella forma di una funzione di Weibull, in questo caso l'espressione della produzione media di potenza diventa:

$$P = \int_0^{\infty} \left(\frac{k}{A}\right) \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) P(u) du \quad (6.2)$$

Come regola generale, questo integrale non può essere calcolato per via analitica, ma mediante metodi numerici.

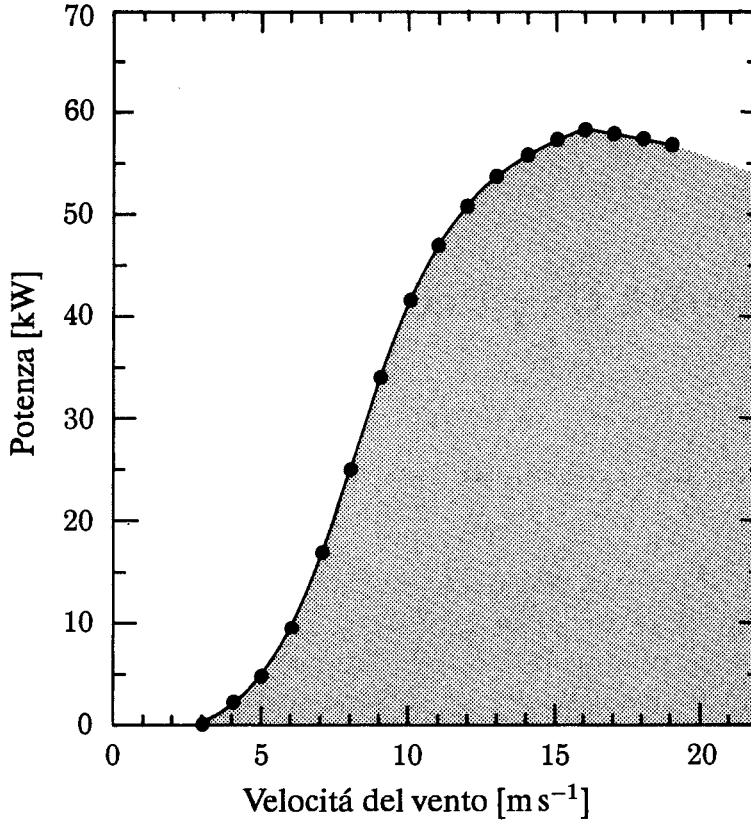


Figura 6.1. Curva di potenza sperimentale per un generatore di 55 kW. La curva di potenza è disegnata come una linea spezzata con nodi ogni 1 m s⁻¹.

Le curve di potenza reali sono piuttosto lisce e possono essere ben approssimate da linee spezzate in alcuni nodi. Usando questa approssimazione, la potenza può essere scritta come:

$$P(u) = \frac{P_{i+1} - P_i}{u_{i+1} - u_i}(u - u_i) + P_i, \quad u_i \leq u < u_{i+1} \quad (6.3)$$

che tiene conto della soluzione analitica della Eq. 6.2 (Petersen et al., 1981):

$$P = \sum_i \frac{P_{i+1} - P_i}{\alpha_{i+1} - \alpha_i} [G_k(\alpha_{i+1}) - G_k(\alpha_i)] \quad (6.4)$$

dove $\alpha_i = u_i/A$. La funzione $G_k(\alpha)$ è $1/k$ volte la funzione gamma incompleta con argomenti $1/k$ e α^k ; essa è tabulata in Appendice B nella Tabella B.7, per un certo intervallo di valori di k . In alcune situazioni si può trovare una discontinuità nella curva di potenza (come in Fig. 6.2 nel punto $u_5 = u_6$). Nel caso di un salto di potenza da P_i a P_{i+1} in corrispondenza di $u_i = u_{i+1}$, il contributo alla sommatoria per questo intervallo diventa:

$$(P_{i+1} - P_i) \cdot \exp(-\alpha_i^k) \quad (6.5)$$

Usando le Eq. 6.4 e 6.5, la potenza media può essere in teoria calcolata per qualunque curva di potenza, approssimandola semplicemente con una spezzata avente un numero sufficiente di tratti lineari. In pratica, il metodo è utile solo se la curva di potenza può essere approssimata da pochi segmenti. Per molti genera-

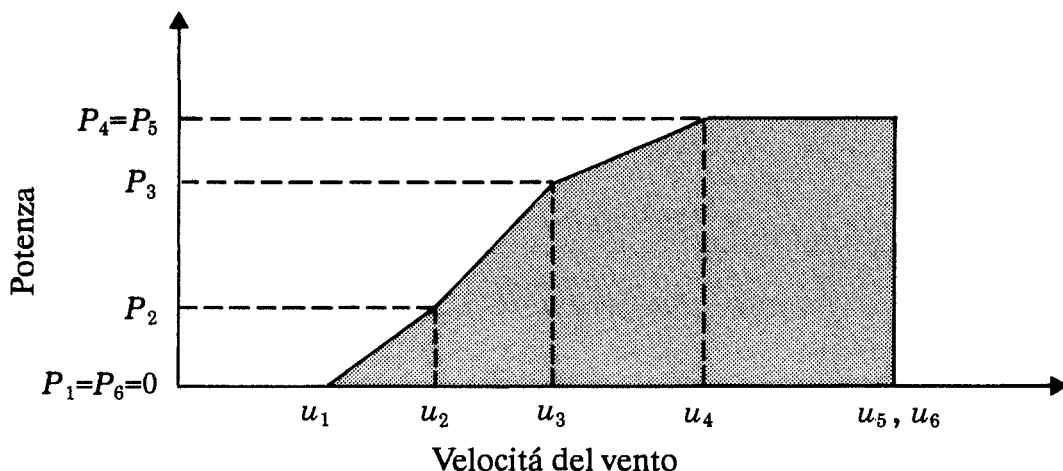


Figura 6.2. Esempio di una curva di potenza approssimata con una spezzata

tori eolici, la curva di potenza è ragionevolmente ben approssimata dalla semplice curva di Fig. 6.3, in questo caso le Eq. 6.4 e 6.5 danno:

$$P = \frac{P_{max}}{\alpha_2 - \alpha_1} \{ G_k(\alpha_2) - G_k(\alpha_1) - \exp(-\alpha_3^k) \} \quad (6.6)$$

In pratica, l'ultimo termine può essere spesso trascurato poiché le velocità elevate, a cui la turbina deve essere fermata, sono molto rare. Per un dato generatore eolico con una curva di potenza quasi lineare, l'Eq. 6.6 fornisce un rapido metodo per calcolarne la produzione, per varie scelte dei parametri A e k . Quindi un intervallo di errore nella determinazione di A e k può essere trasformato in un intervallo di errore nella produzione di potenza.

L'approssimazione della curva di potenza deve essere fatta con precauzione, allo scopo di evitare inutili errori nella stima della potenza. Per esempio, se la curva di potenza mostrata in Fig. 6.1 è approssimata da segmenti da 0 kW per 3 m s^{-1} fino a 55 kW (potenza nominale) per 12 m s^{-1} ed i parametri di Weibull A e k sono rispettivamente 6.4 m s^{-1} e 2, si arriva alla previsione di una resa annua di 149 MWh. Usando invece la curva reale, la potenza stimata è di 112 MWh: in tal caso la produzione di potenza è sovrastimata di circa il 33%. La procedura è più accurata se si usa la velocità u_m a cui si ha il massimo di efficienza (vedere Sezione 6.4). La velocità di inserimento sarà quindi $\frac{2}{3}u_m$. Per la stessa curva di potenza questo comporta $u_m = 7.3 \text{ m s}^{-1}$, $u_1 = 4.9 \text{ m s}^{-1}$, $u_2 = 11.8 \text{ m s}^{-1}$, e la stima annuale diventa 107 MWh, che approssima a meno del 5% il valore corretto.

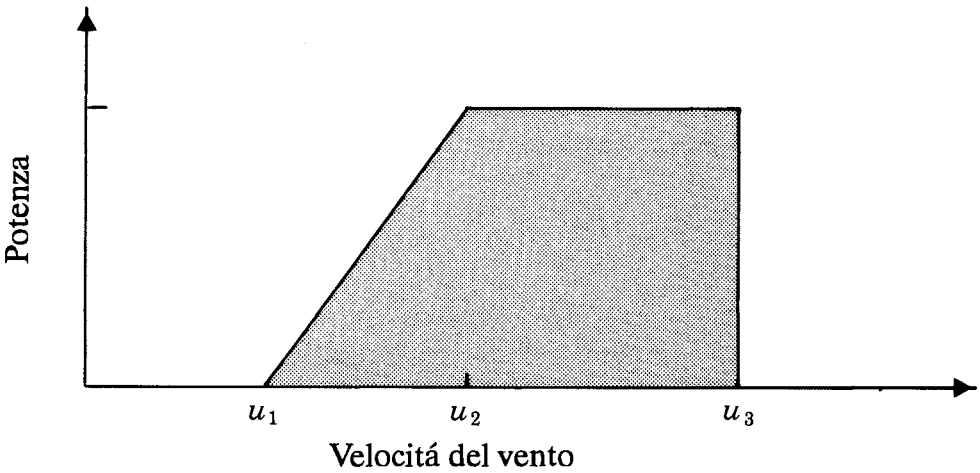


Figura 6.3. Semplice curva di potenza lineare.

Esempio 6.1 Un piccolo generatore eolico deve essere installato in un dato sito. La curva di potenza della turbina é una semplice linea spezzata con parametri:

velocità di inserimento

$u_1 = 5 \text{ m s}^{-1}$

velocità alla potenza nominale

$u_2 = 12 \text{ m s}^{-1}$

potenza nominale

$P_{max} = 50 \text{ kW}$

I parametri di Weibull stimati all'altezza del mozzo sono: $A = 6 \text{ m s}^{-1}$ e $k = 2$; essi danno:

$\alpha_1 = 0.83$

$G_k(\alpha_1) = 0.673$

$\alpha_2 = 2.00$

$G_k(\alpha_2) = 0.882$

$\alpha_2 - \alpha_1 = 1.17$

da cui la potenza media può essere calcolata come:

$$P = 50 \text{ kW} \cdot \frac{1}{1.17}(0.882 - 0.673) = 8.9 \text{ kW}$$

Ripetendo i calcoli per $A = 6 \pm 1 \text{ m s}^{-1}$ e $k = 1.5, 2.0$ e 2.5 , si ottengono i seguenti valori della potenza media (kW):

$A \text{ [m s}^{-1}\text{]}$	$k = 1.5$	$k = 2.0$	$k = 2.5$
5	6.9	5.0	3.8
6	10.6	8.9	7.8
7	14.3	13.3	12.6

Effetti dovuti alla densità dell'aria ed alla turbolenza

La densità di potenza media disponibile è data dall'Eq. 5.3, in cui la densità dell'aria è il valore medio climatologico, tenendo presente che esso varia con la temperatura e la pressione, cioè con la quota. Anche la curva di potenza $P(u)$, caratteristica di ogni singola turbina, dipende dalla densità dell'aria: essa si riferisce generalmente ad un valore della densità di 1.225 kg m^{-3} corrispondente alla pressione al livello del mare ed a temperatura di 15°C . Una curva di potenza applicata a siti con condizioni non standard è comunemente assunta come proporzionale al rapporto tra la densità nel sito e quella standard. Ciò è generalmente accettato in ragione della limitata variabilità riscontrata per i valori della densità dell'aria (vedere Appendice B, Tavola B.1). Nelle turbine eoliche dove la potenza resa è tenuta sotto controllo, come nel caso delle turbine con calettamento regolato, il calcolo corretto della potenza media effettiva può essere importante.

L'uso dei valori della velocità del vento mediati su 10 minuti porta ad una sottostima della densità di potenza, poiché non si tiene conto di fluttuazioni che si hanno a minore scala temporale. Nel Capitolo 8, è mostrato che la sottostima può essere correlata all'intensità della turbolenza ed approssimata da un termine di correzione dato da $3[\ln(z/z_0)]^{-2}$; questa espressione è valida solo per condizioni di vento intenso su terreno omogeneo e pianeggiante. Anche per condizioni di vento relativamente forte le intensità della turbolenza possono differire significativamente a causa degli elevati flussi di calore superficiale e delle inomogeneità del terreno: questo può essere rilevante per esempio in aree costiere. In terreni complessi, particolarmente dove le pendenze eccedono il 20%, le intensità della turbolenza dipendono fortemente dall'esatta collocazione rispetto ad aree in cui si ha accelerazione o decelerazione del flusso d'aria.

Si sottolinea comunque il fatto che, per la maggior parte dei casi in cui il calcolo è effettuato per generatori abbastanza grandi, il contributo della turbolenza alla densità di potenza *non* dovrebbe essere sommato alla stima fornita dall'Atlante del Vento. Ciò principalmente per tre motivi. Primo, il sistema del rotore ha un tempo di risposta finito la cui grandezza dipende dal sistema di controllo e da quanto rapidamente si stabilisce la circolazione attorno alle pale. Secondo, il calcolo della densità di potenza si riferisce ad un singolo punto, mentre l'estrazione della densità di potenza totale coinvolge l'effetto di venti simultanei attorno all'intero disco del rotore; quindi, a causa delle dimensioni del rotore e della mancanza di coerenza verticale nel campo di vento, la maggior parte dell'effetto della turbolenza è filtrato. Terzo, quando si stima la potenza che si può ottenere da una turbina, è necessario usare la relativa curva di potenza sperimentale: è generalmente accettato che tale curva sperimentale si riferisca a velocità mediate su 10 minuti (Frandsen et al., 1982). La curva di potenza stessa, quindi, contiene parte del contributo della turbolenza alla densità di potenza: l'ordine di grandezza del contributo è dipendente dalla turbina considerata e dal terreno su cui la curva di potenza è stata misurata. L'indeterminazione associata alla costruzione ed all'applicazione di una curva di potenza è spesso ampia, 10% o anche di più (Christensen e Dragt, 1986; Frandsen, 1987).

In conclusione, per terreni piatti od ondulati con classe di rugosità 0, 1 e 2, potrebbe essere non necessario correggere, dagli effetti della turbolenza, la stima della potenza ottenuta per mezzo dell'Atlante del Vento. Per territori con rugosità del terreno maggiore e per orografia complessa, in cui si ha separazione del flusso d'aria, potrebbe essere necessario apportare correzioni a causa degli alti valori di turbolenza. Si dovrebbe infine prestare speciale attenzione all'uso delle curve di potenza determinate in aree caratterizzate da bassa intensità di turbolenza.

6.2 Funzione della densità di potenza

É interessante a volte conoscere il contributo dei differenti intervalli di velocità alla produzione di potenza. Una stima molto semplice può essere fatta valutando la potenza media del vento per differenti velocità. La densità della potenza media é così data da:

$$E(u) = \frac{1}{2} \rho u^3 \cdot f(u) \quad (6.7)$$

dove $f(u)$ é la funzione di distribuzione di Weibull calcolata nel sito considerato. Il grafico della Weibull dá un'idea di quali velocità del vento sono importanti per la produzione media di potenza. Un esempio é mostrato in Fig. 6.4. La funzione raggiunge il suo massimo alla velocità del vento data da:

$$u = A \left(\frac{k+2}{k} \right)^{1/k} \quad (6.8)$$

6.3 Curva di durata di potenza

Mediante i parametri di Weibull e la curva di potenza, é possibile calcolare la probabilità Pr che la potenza ecceda un certo valore P : la curva corrispondente é chiamata curva di durata di potenza. Per es., per la semplice spezzata mostrata in Fig. 6.3, la suddetta probabilità é data da:

$$Pr(\text{power} > P) = \exp\left(-\left(\frac{u_p}{A}\right)^k\right), \quad 0 \leq P \leq P_{max} \quad (6.9)$$

con

$$P = \frac{P_{max}}{u_2 - u_1} (u_p - u_1) \quad \text{o} \quad u_p = u_1 + \frac{P}{P_{max}} (u_2 - u_1) \quad (6.10)$$

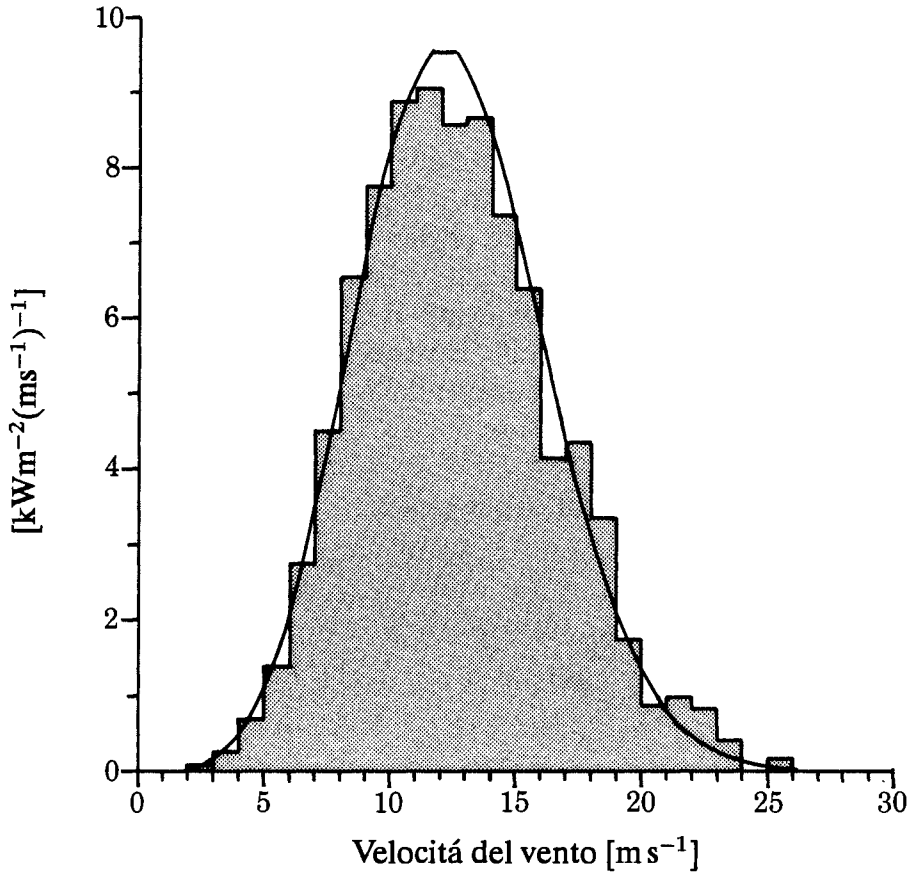


Figura 6.4. Funzione di densità di potenza per la stazione di Sprogø in Danimarca, alla quota di 68 m. L'istogramma mostra la densità di potenza sperimentale; la curva liscia rappresenta la funzione di Weibull con parametri $A = 9.2 \text{ m s}^{-1}$ e $k = 2.31$, determinata interpolando i dati.

La curva di durata di potenza diventa quindi:

$$Pr(\text{power} > P) = \exp \left[- \left(\alpha_1 + \frac{P}{P_{\max}} (\alpha_2 - \alpha_1)^k \right) \right] \quad (6.11)$$

6.4 Ottimizzazione della produzione di potenza

La quantità di energia del vento disponibile sul territorio europeo, per la produzione di potenza, ha un'altissima variabilità spaziale; essa varia considerevolmente da regione a regione e all'interno delle regioni stesse. Il passo successivo alla scelta del sito ed al calcolo delle caratteristiche eoliche relative – per ottenere la funzione di distribuzione di Weibull – è la scelta di un generatore eolico appropriato. A causa della grande variabilità dei climi eolici, bisogna assicurarsi che il progetto della turbina eolica scelta sia il migliore possibile per quel particolare sito.

La procedura tradizionale consiste nel calcolo della produzione media per una o più turbine disponibili, seguendo il metodo descritto in Sezione 6.1. Questa procedura,

comunque, non assicura che la turbina eolica considerata dia la produzione ottimale sul sito prescelto poiché essa potrebbe essere stata progettata per un diverso regime di vento.

L'efficienza di un generatore eolico é definita come il rapporto tra la potenza reale prodotta, ad una certa velocità del vento, e la potenza totale disponibile in tutta l'area spazzata dal rotore. É evidente che il migliore utilizzo dell'energia del vento può essere ottenuto solo se l'efficienza della turbina eolica raggiunge il suo massimo per un valore vicino a quello del massimo della funzione densità di potenza del vento; in questo modo la curva di efficienza aerodinamica del generatore eolico si accorderebbe con la curva di distribuzione della velocità del vento. Di seguito viene presentata una procedura semplificata.

Se si considera un generatore eolico con una curva di potenza lineare, l'espressione dell'efficienza diventa:

$$C_p(u) = \frac{P(u)}{E(u) \cdot A_R} = \frac{s(u - u_1)}{\frac{1}{2}\rho u^3 \cdot A_R}, \quad u_1 \leq u \leq u_2 \quad (6.12)$$

dove $P(u)$ é la potenza prodotta alla velocità u , $E(u) \cdot A_R$ é la potenza disponibile nell'area A_R spazzata dal rotore ed s é la pendenza della curva di potenza:

$$s = \frac{P_{max}}{u_2 - u_1} \quad (6.13)$$

L'efficienza massima si ha a velocità u_m , la quale può essere determinata dalla differenziazione dell'Eq. 6.12 che ci conduce alla:

$$u_m = \frac{3}{2}u_1 \quad (6.14)$$

La curva di potenza può ora essere scritta come:

$$P(u) = \frac{3}{2}\rho C_p(u_m)A_R \cdot u_m^2 \left(u - \frac{2}{3}u_m\right) \quad \text{per } u_1 \leq u \leq u_2 \quad (6.15)$$

Sostituendo questa espressione in quella per la potenza media, Eq. 6.6, si ottiene:

$$P = \frac{1}{2}\rho C_p(u_m)A_R \cdot A^3 \cdot \left[3 \left(\frac{u_m}{A}\right)^2 \cdot \left\{G_k\left(\frac{u_2}{A}\right) - G_k\left(\frac{2}{3}\frac{u_m}{A}\right)\right\}\right] \quad (6.16)$$

Questa espressione contiene i parametri che descrivono le caratteristiche principali del generatore eolico:

A_R	=	area spazzata dalle pale
$C_p(u_m)$	=	massima efficienza
u_m	=	velocità del vento a cui si ha il massimo di efficienza
u_2	=	velocità del vento a cui si raggiunge la potenza nominale

Il valore della velocità u_m che ottimizza la potenza media può essere approssimato con sufficiente accuratezza dall'espressione:

$$u_m = A \left[\left(\frac{k+2}{k} \right)^{1/k} - 0.15 \right] \quad (6.17)$$

Il primo termine in parentesi rappresenta la velocità del vento, normalizzata ad A , a cui si ha un massimo della funzione di densità di potenza, Eq. 6.8. L'espressione mostra che il massimo di efficienza deve essere scelto ad una velocità un po' più piccola di quella corrispondente al valore massimo della funzione di densità di potenza del vento.

La precedente procedura può essere usata come guida per selezionare l'aerogeneratore adatto ma presenta due limitazioni.¹

In primo luogo, progettare un aerogeneratore, per una specifica climatologia del vento, comporta non solo la collocazione del massimo di efficienza ma anche la forma dettagliata della curva di efficienza (efficienza in funzione della velocità del vento). Secondo, il problema che si presenta non è come progettare un generatore eolico che ottimizzi la produzione di potenza nel sito, ma piuttosto se si possa modificare un rotore di un tipo di aerogeneratore già sul mercato allo scopo di migliorarne la produzione di potenza.

Per un generatore eolico regolato allo stallo avente un determinato rotore, le modifiche più semplici che si possano apportare sono: cambio della velocità di rotazione con la sostituzione del rapporto della scatola del cambio, cambio dell'angolo di calettamento periferico e cambio della taglia del generatore.

L'effetto del cambio della velocità di rotazione o dell'angolo di calettamento periferico sulla produzione di potenza dell'aerogeneratore regolato allo stallo, con un mozzo all'altezza di 30 m ed un rotore del diametro di 23 m, è illustrato nelle Figure 6.5 e 6.6. Le figure mostrano le curve di potenza e di efficienza aerodinamica per variazioni attorno i valori progettati: 0 gradi dell'angolo di calettamento periferico e velocità di rotazione 47.5 rpm. Mentre la variazione della velocità di rotazione ha come solo effetto quello di spostare la curva di efficienza rispetto la velocità del vento, la variazione dell'angolo di calettamento periferico ne cambia anche la forma. In entrambi i casi è influenzato il picco di potenza e quindi la taglia del generatore.

¹La restante parte di questo capitolo è stata fornita da Peter Hauge Madsen, Risø National Laboratory.

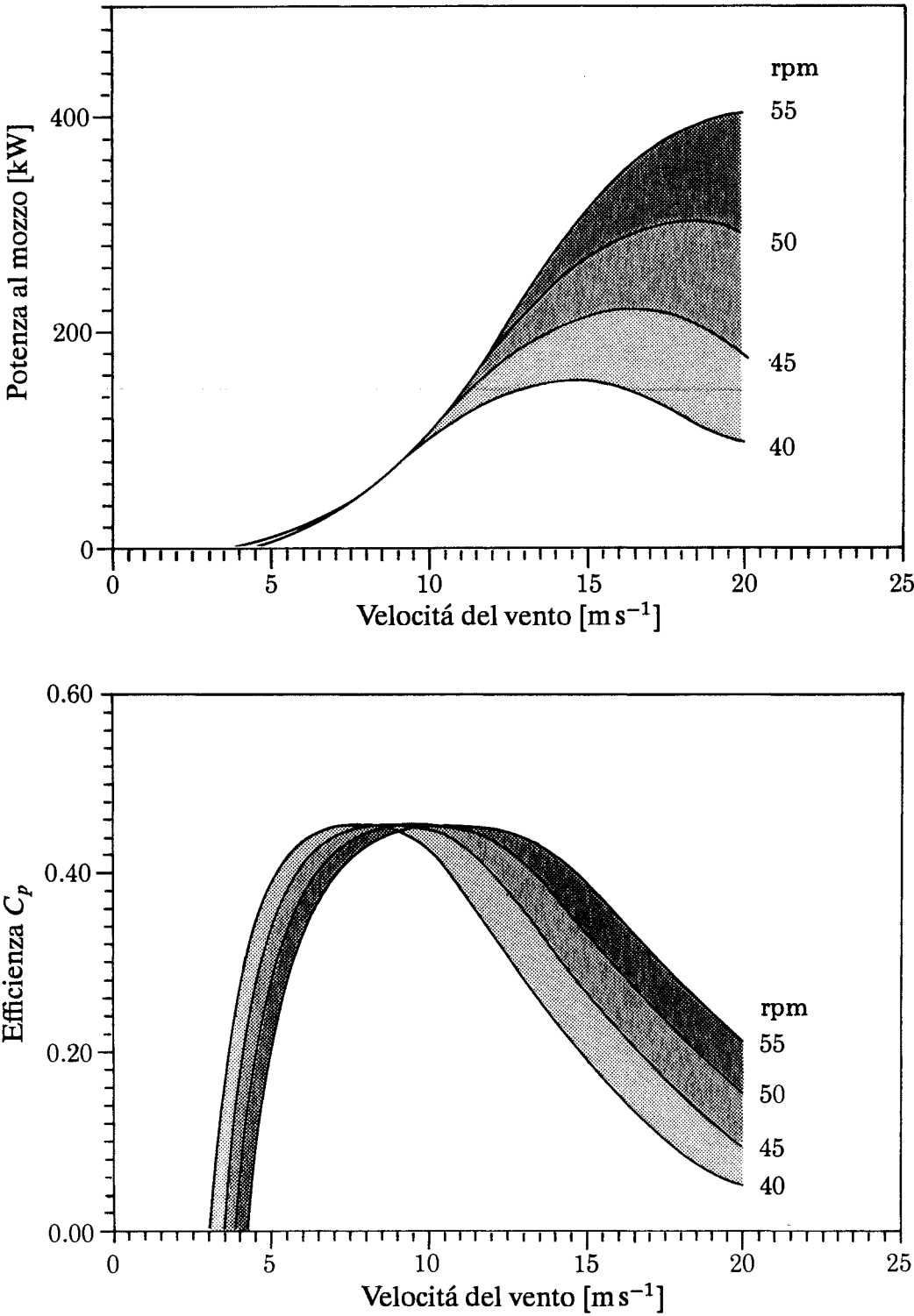


Figura 6.5. Effetto del cambio della velocità di rotazione (rpm: rotazioni per minuto) sul comportamento della potenza. L'aerogeneratore è regolato allo stallo, con il mozzo all'altezza di 30 m ed il diametro del rotore di 23 m. L'angolo di calettamento periferico è di 0 gradi. La figura in alto mostra la curva di potenza aerodinamica; la figura in basso mostra la curva di efficienza aerodinamica

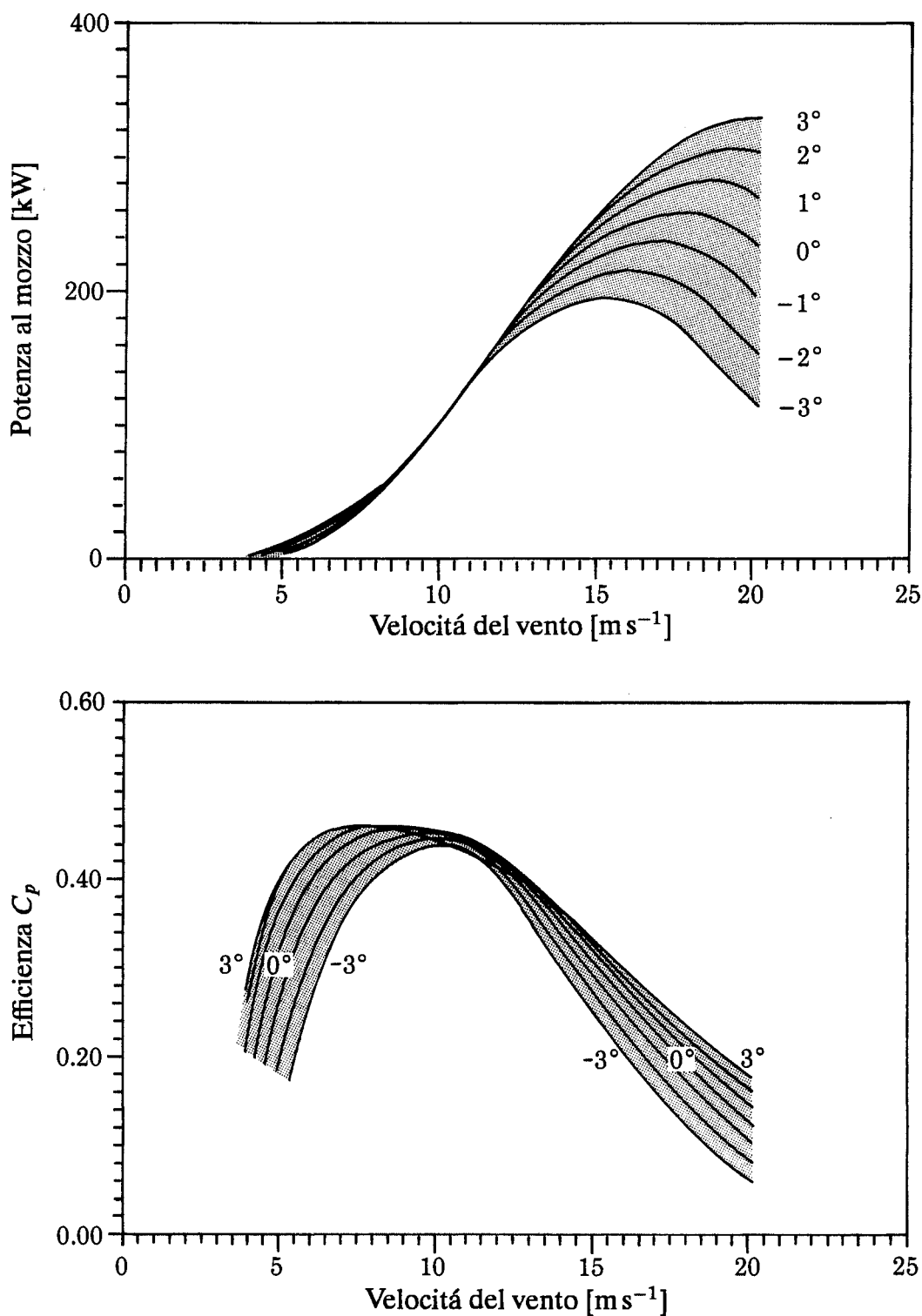


Figura 6.6. Effetti del cambio dell'angolo di calettamento periferico θ $^\circ$ sulla performance della potenza. L'aerogeneratore è regolato allo stallo con il mozzo all'altezza di 30 m ed il diametro del rotore di 23 m. La velocità di rotazione è di 47.5 rpm. La figura in alto mostra la curva di potenza aerodinamica; la figura in basso mostra la curva di efficienza aerodinamica

La produzione annuale media di energia segue dall'Eq. 6.1. La produzione annuale di energia (senza perdite nel sistema di trasmissione) di un aerogeneratore, nella configurazione di progetto, é data in Tabella 6.1 per tre differenti climatologie del vento.

Tabella 6.1. Produzione annuale di energia per tre differenti climatologie del vento, con angolo di calettamento periferico di 0 gradi e velocità di rotazione di 47.5 rpm.

A m s^{-1}	k	Energia, prod. ann. MWh
6.0	1.9	251
7.5	1.9	454
9.0	1.9	666

Le variazioni nella produzione annuale di energia, per cambiamenti dell'angolo di calettamento periferico e della velocità di rotazione, sono mostrate in Fig 6.7. Si é visto che, per regimi di vento debole, sono possibili soltanto guadagni insignificanti nella produzione di potenza mentre si possono ottenere miglioramenti sostanziali per regimi di vento forte. Le modifiche hanno conseguenza sul carico dell'aerogeneratore. In Fig. 6.8 é mostrata la spinta dal rotore alla torre in funzione della velocità del vento. Notare che l'incremento significativo della spinta é dato in particolare dal cambiamento della velocità di rotazione. La modifica della configurazione del progetto dovrebbe essere quindi seguita dalla verifica della solidità della struttura e possibilmente dal rinforzo delle pale ecc. In questo modo, l'ottimizzazione dell'aerogeneratore, per una specifica climatologia del vento, consiste in una ottimizzazione economica: i costi dei cambiamenti strutturali, generatori piú grandi, scatole del cambio ecc., sono compensati da un miglioramento della produzione annuale di potenza.

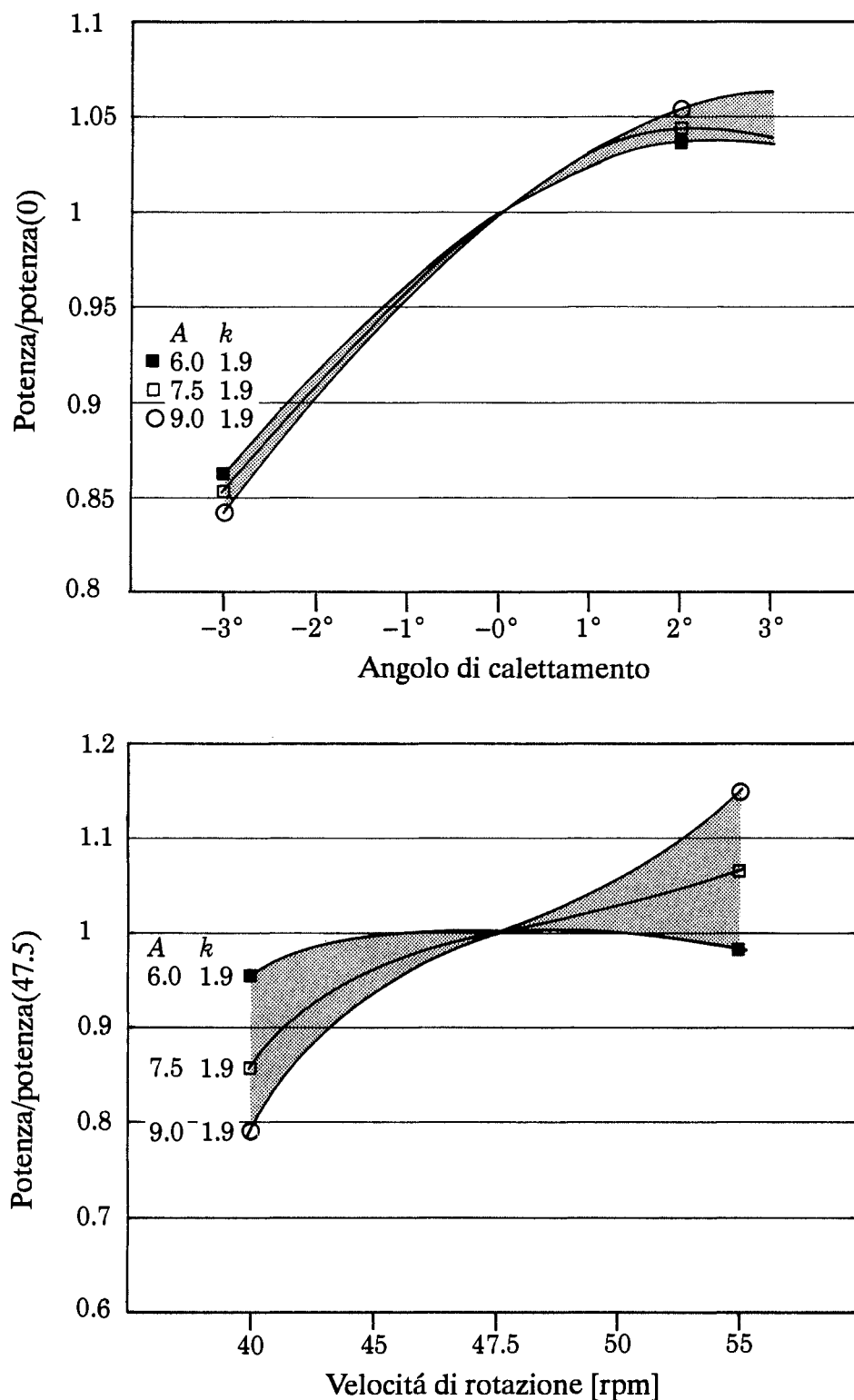


Figura 6.7. Variazione della produzione di potenza al variare dell'angolo di calettamento periferico (figura in alto) e al variare della velocità di rotazione (figura in basso). L'aerogeneratore è lo stesso di quello nelle Figure 6.5 e 6.6. La produzione di potenza è mostrata per tre differenti climatologie del vento rappresentate dai tre gruppi di parametri di Weibull A e k .

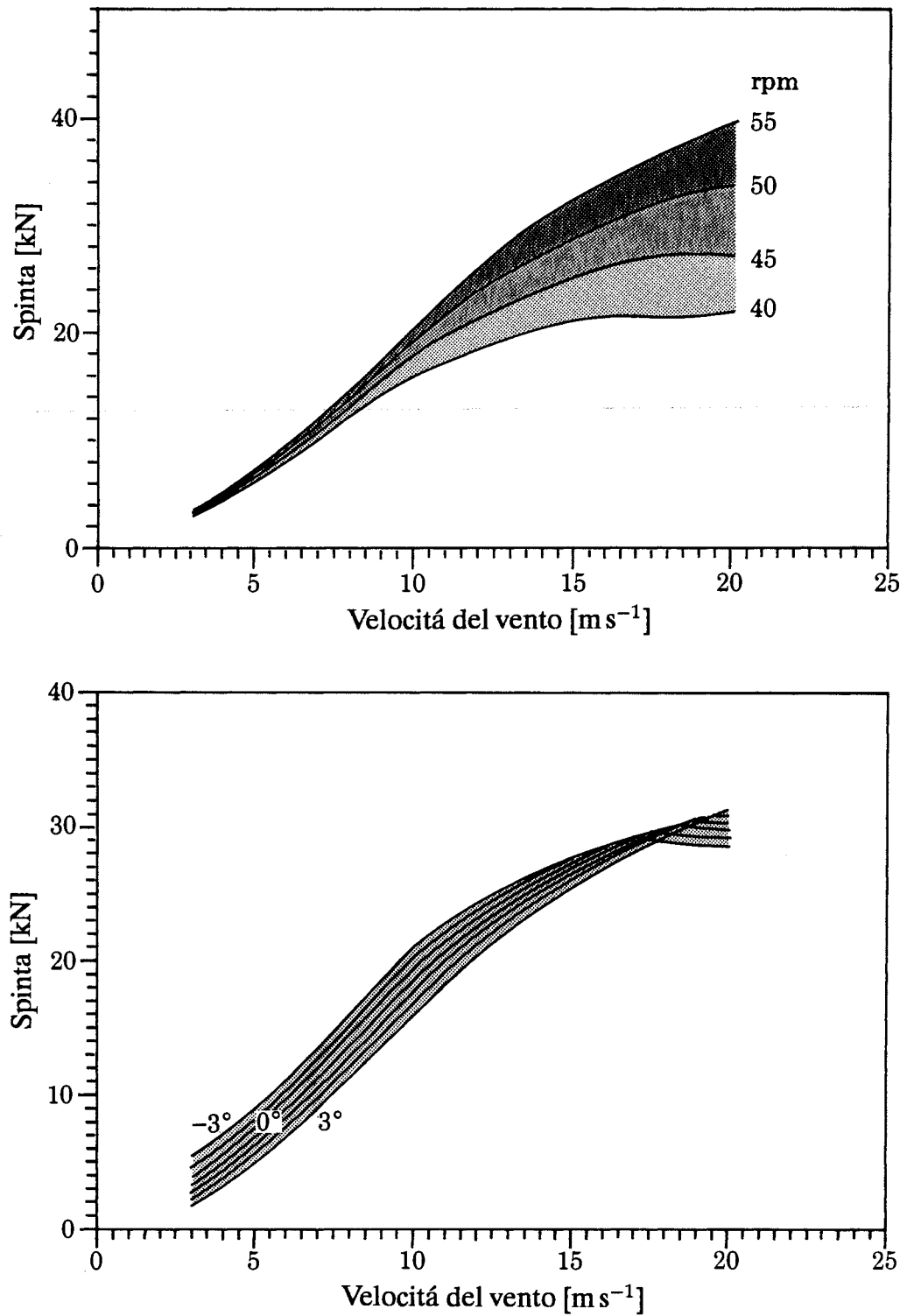


Figura 6.8. Carico di un aerogeneratore in funzione della velocità del vento per diverse velocità di rotazione del rotore e diversi angoli di calettamento periferico. Il generatore eolico è identico a quello nelle Figure 6.5 e 6.6. La figura in alto mostra la spinta per diverse velocità del rotore mantenendo costante l'angolo di calettamento periferico con valore uguale a 0°. La figura in basso mostra la spinta del generatore al variare dell'angolo di calettamento periferico, mantenendo costante la velocità di rotazione del rotore con valore 47.5 rpm.

Capitolo 7

Statistica e climatologia delle stazioni

In questo capitolo, sono presentati, sotto forma di grafici e tavole, i dati climatologici delle stazioni meteorologiche usate. Per ogni stazione le tavole mostrano: la climatologia del vento, *rappresentativa a scala regionale*, calcolata con i dati della stazione mediante il programma di analisi dell'Atlante del Vento, un sommario dei dati grezzi e le condizioni di misura. I dati ed alcune quantità derivate sono tuttavia mostrate graficamente nelle impronte climatologiche del vento alla fine di ogni paragrafo riguardante le singole nazioni.

I paragrafi dedicati alle singole nazioni sono posti in ordine alfabetico secondo i rispettivi nomi in lingua inglese e cioè:

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Belgio | 7. Italia |
| 2. Danimarca | 8. Lussemburgo |
| 3. Francia | 9. Olanda |
| 4. Germania (FRG) | 10. Portogallo |
| 5. Grecia | 11. Spagna |
| 6. Irlanda | 12. Gran Bretagna |

Allo stesso modo, anche le stazioni sono elencate in ordine alfabetico. Il sommario per ogni stazione é stato posto in due pagine affiancate: la pagina di sinistra contiene

- la descrizione della stazione
- un sommario delle serie temporali dei dati

la pagina di destra contiene invece

- i parametri di Weibull calcolati a scala regionale
- i valori regionali calcolati della velocità media e dell'energia.

La presentazione dettagliata dei dati é spiegata nella sezione seguente.

7.1 Descrizione delle stazioni e tavole statistiche

Descrizione delle stazioni

La descrizione delle stazioni comprende: la posizione geografica, la descrizione della strumentazione e dei dintorni, i valori della lunghezza di rugosità per ogni settore di provenienza del vento.

Nome della stazione I nomi delle stazioni sono citati nella lingua della nazione di appartenenza.

Coordinate geografiche La latitudine e la longitudine di ogni stazione sono date in gradi, minuti e secondi in genere approssimati al minuto intero più vicino. La lista delle coordinate geografiche di tutte le stazioni è data in Tavola 7.1.

Coordinate UTM Le coordinate UTM (Universal Transverse Mercator) o coordinate di Mercatore, consistono nel numero di zona UTM in metri. Le coordinate geografiche delle stazioni, fornite con la descrizione, sono state convertite nelle coordinate UTM esatte; in questo modo la risoluzione di queste coordinate *non* corrisponde all'esatta posizione della stazione. Geodetic datum: European Datum 1950.

Altitudine La quota della stazione è data in metri sul livello del mare (m s.l.m.).

Descrizione della stazione Per ogni stazione è stato fornito un quadro completo delle caratteristiche del sito contenente la descrizione della configurazione del terreno per es. distanza dal mare, laghi, fiumi, foreste, montagne ecc. Sono stati inoltre citati gli ostacoli presenti attorno all'anemometro ed altre informazioni significative per l'interpretazione delle statistiche della stazione.

Rosa delle rugosità Per ognuno dei 12 settori di 30° attorno alla stazione, è stata fornita la lunghezza di rugosità: la lista delle lunghezze di rugosità [m] assegnate e le distanze dai relativi cambi di rugosità. I fattori di correzione per la velocità e direzione del vento – che tengono conto dell'effetto-barriera degli ostacoli e dell'effetto dell'orografia – applicati nel calcolo delle tavole dell'Atlante, sono dati in tavole separate, ma adiacenti alla rosa delle rugosità. Se una stazione è stata corretta solo dagli effetti-barriera, non c'è stata alcuna correzione alla direzione del vento.

Sommario dei dati grezzi

Distribuzione dei dati di vento sperimentali Questa tavola mostra i dati anemometrici grezzi suddivisi per settore e la distribuzione di frequenza in ogni settore. La frequenza delle occorrenze del vento nei settori è data in percentuale, mentre la distribuzione della velocità del vento è data in per mille (decimi di percentuale), essendo ogni settore normalizzato a 1000. La tavola fa riferimento all'altezza dell'anemometro in metri sul livello del suolo (m s.l.s) ed al periodo di misura riportato in essa. Si noti che il formato relativo al periodo è dato da AAMM-GGOO, per es. 83123121 vuol dire 31 Dicembre 1983 alle ore 21:00.

La funzione di distribuzione di Weibull é stata interpolata con la funzione distribuzione della velocità per ogni settore. I parametri di Weibull risultanti, A [m s^{-1}] e k sono riportati nelle ultime due colonne della tavola.

Variazione annuale e giornaliera della velocità del vento Questa tavola dá la velocità media del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno. L'ora della giornata é data in coordinate di tempo universali (UTC) che equivale all'ora di Greenwich (GTM).

Climatologia regionale e valori medi

Le tavole dell'Atlante del Vento Queste tavole danno i parametri di Weibull A e k calcolati per 12 settori, 5 altezze e 4 classi di rugosità. Inoltre, per ogni classe di rugosità, la frequenza di occorrenza della velocità del vento per ogni settore é data in percentuale. Il parametro di Weibull A é dato in [m s^{-1}]

Valutazione della velocità e della potenza media Nell'ultima tavola, nella pagina a destra, sono riportate la velocità media [m s^{-1}] e la potenza media totale del vento [W m^{-2}], calcolate per ciascuna delle 5 quote e 4 rugosità standard. Questi valori sono calcolati usando i parametri di Weibull ricavati dalle tavole dell'Atlante del Vento.

7.2 Le impronte climatologiche del vento

La presentazione grafica dei dati di vento, alla fine della sezione relativa ad ogni nazione, ha lo scopo di fornire una panoramica completa dei dati utilizzati in questo Atlante. Nella prima riga sono riportati il nome della stazione, la nazione di appartenenza e la lunghezza del periodo di rilevamento dei dati usati per l'analisi. Nelle righe seguenti sono riportati l'altezza di rilevamento (dei dati) sul livello del suolo, la velocità media, la deviazione standard ed il cubo della velocità media. La rappresentazione consiste in 5 grafici:

Anno medio Nel grafico in alto a sinistra sono mostrate la variazione media stagionale delle misure di velocità del vento (linea continua) e del suo del cubo (linea tratteggiata). Per costruire il grafico sono stati mediati tutti i dati relativi ad uno stesso mese dell'anno ed il risultato é stato riportato nel punto medio dell'intervallo mensile corrispondente. L'unità di misura sulle ordinate é in m s^{-1} per la velocità media e m^3s^{-3} per la media del suo cubo. I valori letti dal grafico devono essere moltiplicati per il fattore di scala riportato sulla destra. Le curve continue sono ottenute mediante interpolazione con una semplice curva cubica con il metodo spline. I dati di velocità del vento sono contenuti anche nelle pagine della descrizione delle stazioni.

Giorni medi Nella parte superiore destra della pagina é riportata la variazione media delle misure anemometriche durante il giorno, per i mesi di Gennaio e Luglio. L'andamento medio orario della velocità del vento é stato riportato con linea continua, mentre per il cubo della velocità é stata usata la linea tratteggiata. Sono stati mediati tutti i dati di una stessa ora del giorno per tutti i mesi di Gennaio (Luglio). I risultati ottenuti per ognuna delle ore standard (UTM) sono stati graficati interpolandoli sempre con una cubica lisciata con metodo 'spliné. Le unità di misura sulle ordinate sono le stesse del grafico descritto precedentemente nella corrispondente parte sinistra della pagina. I valori letti sul grafico devono essere moltiplicati per il fattore di scala riportato a sinistra di esso. É stato calcolato il giorno medio per ogni mese dell'anno; esso va interpretato come giorno medio o giorno tipo per ogni mese dell'anno ed é stato usato come riferimento per calcolare lo spettro di cui si dirá in seguito. Tali valori medi delle velocità sono contenuti nelle tabelle relative alla descrizione delle stazioni.

La rosa dei venti Nel grafico di centro a sinistra sono mostrate le frequenze relative dei venti per ciascuno dei dodici settori: esse sono rappresentate mediante i settori circolari che si estendono nelle direzioni corrispondenti (linea spessa). I contributi dei singoli settori ai valori medi totali della velocità del vento e del cubo della velocità, sono dati rispettivamente dal segmento del settore circolare piú stretto e da quello con larghezza intermedia. Per ogni quantità la normalizzazione é stata fatta in modo che il segmento maggiore si estende fino al cerchio esterno. Il valore corrispondente per ciascuna quantità é dato in percentuale nel piccolo riquadro in basso a sinistra (i numeri sono stati approssimati all'intero piú vicino). Il raggio del cerchio interno punteggiato corrisponde alla metà di quello esterno.

Lo spettro Nel grafico di centro, sulla parte destra della pagina, é riportato con una linea continua il contributo di un campo di periodi alla varianza totale della velocità del vento. La scala verticale é stata scelta arbitrariamente per centrare il grafico. Sull'ascissa sono riportati i periodi su scala logaritmica. La curva é stata calcolata dalla serie temporale totale sottraendo da ogni dato i rispettivi valori del giorno medio mensile ora per ora. In questo caso, i giorni medi sono considerati deterministici in contrasto con la suddetta serie temporale delle deviazioni che rappresenta la parte stocastica. Questo procedimento é seguito da una trasformata di Fourier delle deviazioni, gli spettri ottenuti sono elevati al quadrato e mediati su bande di uguale larghezza corrispondete al valore degli intervalli sulla curva.

La barra verticale piena sul lato sinistro rappresenta il contributo alla deviazione standard della velocità del vento, proveniente da ogni set di dati corrispondenti a periodi di un anno o piú lunghi. Questo é calcolato come la deviazione standard dell'*anno medio* (in alto a sinistra). In modo simile, la barra tratteggiata a sinistra dá i contributi per il cubo della velocità del vento. Le unità di misura sono in percentuale della deviazione standard totale dei dati. In modo simile le barre sulla destra danno i contributi alle deviazioni standard della velocità e del cubo della velocità per periodi di un giorno o piú piccoli: per es. 24, 12, 8, 6 e nel nostro caso di dati triorari, 3 ore. I numeri presentati, dentro il grafico in alto a sinistra rappresentano il contributo, in percento, alla deviazione standard totale proveniente dalla variazione random contenuta nello spettro della varianza; i tre numeri rappresentano rispettivamente

periodi piú lunghi di un anno, tra un anno ed un giorno e piú corti di un giorno (la somma dei quadrati dei contributi dovuti alle tre parti random, insieme ai contributi deterministici dell'anno e giorno medio, é uguale ad uno). I numeri contenuti nel piccolo riquadro sotto al grafico danno la deviazione standard relativa per la velocità ed il cubo della velocità per il giorno medio del mese di gennaio (primi due numeri) e luglio (ultimi due numeri).

Andamento temporale Nell'ultimo grafico in fondo é mostrata, mese per mese, la deviazione relativa al mese medio. Per ogni mese sono state calcolate le medie della velocità e del suo cubo. Da questi valori sono stati sottratti quelli dei mesi solari corrispondenti nell' *anno medio tipo* (in alto a sinistra). La linea continua corrisponde alla velocità, quella tratteggiata al suo cubo. La linea continua piú regolare mostra, per ogni anno, la deviazione della velocità media rispetto alla media totale. Ogni punto di questa curva dá la deviazione rispetto alla media calcolata su un periodo di un anno centrato attorno ad esso (media su blocchi centrati). Per ogni anno solare, il valore di centro ne individua la deviazione. Allo stesso modo i cerchi mostrano la deviazione relativa alla media del cubo della velocità per ogni anno. I due numeri sulla destra danno lo scarto quadratico medio delle deviazioni dell'anno solare in percento per velocità (valore in basso) e cubo della velocità (valore in alto). La scala verticale é lineare da -1 a $+1$. Al di sopra di $+1$ la scala é stata aggiustata in modo piú grossolano per tenere conto delle deviazioni piú larghe.

7.3 Statistiche e climatologia delle stazioni

In Tavola 7.1 sono riportati i nomi delle 190 stazioni, con misure di vento superficiale, usate nell'Atlante del Vento. Per ogni stazione sono riportate la posizione geografica ed il periodo di rilevamento usato. Nelle ultime due colonne sono riportate le pagine in cui si possono trovare le relative tavole ed impronte climatologiche. Delle 190 stazioni, 175 sono corredate con entrambe tavole ed impronte, 12 solo con impronte e 3 solo con tavole.

Le 29 stazioni con radiosondaggio sono elencate in Tavola 7.2. Per ogni stazione sono fornite: posizione geografica, quota di rilevamento delle misure e periodo di osservazione. I dati da radiosondaggio sono presentati solo mediante tavole. In Tavola 7.3 é riportato un sommario delle distribuzioni sperimentali di vento.

Tabella 7.1. Stazioni meteorologiche usate nell'Atlante del Vento. Le nazioni della CEE sono elencate in ordine alfabetico così come le stazioni in ciascuna nazione.

	Latitudine	Longitudine	Alt. [m]	Periodo	Tav. pag.	Graf. pag.
Belgio						
Florennes	50° 14' N	04° 39' E	280	1975–81	118	128
Melsbroek	50° 54' N	04° 28' E	36	1970–79	120	128
Middelkerke	51° 12' N	02° 52' E	4	1972–81	122	128
Saint Hubert	50° 02' N	05° 24' E	556	1971–80	124	129
Spa	50° 29' N	05° 55' E	573	1971–80	126	129
Danimarca						
Ålborg	57° 06' N	09° 52' E	3	1965–72	130	148
Beldringe	55° 29' N	10° 20' E	17	1972–79	132	148
Horns Rev Fyrskib	55° 24' N	07° 34' E	0	1962–80	134	148
Karup	56° 17' N	09° 08' E	52	1971–79	136	149
Kastrup	55° 38' N	12° 40' E	5	1965–72	138	149
Rønne	55° 04' N	14° 45' E	16	1972–79	140	149
Skrydstrup	55° 14' N	09° 16' E	40	1971–79	142	150
Tirstrup	56° 18' N	10° 37' E	25	1971–79	144	150
Værløse	55° 46' N	12° 19' E	19	1972–79	146	150
Francia						
Abbeville	50° 08' N	01° 50' E	77	1970–78	152	216
Aurillac	44° 53' N	02° 25' E	639	1979–85	154	216
Avord	47° 03' N	02° 39' E	179	1972–78	156	216
Bordeaux	44° 50' N	00° 42' E	51	1970–79	158	216
Brest	48° 27' N	04° 25' W	103	1970–79	160	217
Caen	49° 11' N	00° 27' E	67	1972–79	162	217
Cambrai	50° 13' N	03° 09' E	77	1970–79	164	217
Carcassonne	43° 13' N	02° 19' E	130	1973–78	166	217
Cherbourg	49° 39' N	01° 28' W	138	1970–78	168	218
Clermont-Ferrand	45° 47' N	03° 10' E	332	1976–85	170	218
Dinard	48° 35' N	02° 04' W	59	1970–79	172	218
Evreux	49° 01' N	01° 13' E	146	1970–79	174	218
Gourdon	44° 45' N	01° 24' E	261	1970–79	176	219
Istres	43° 31' N	04° 56' E	24	1970–79	178	219
Le Puy Chadrac	45° 03' N	03° 54' E	715	1976–82	180	219
Limoges	45° 52' N	01° 11' E	402	1973–79	182	219
Lorient	47° 46' N	03° 27' W	44	1970–78	184	220
Lyon	45° 43' N	04° 57' E	201	1970–79	186	220
Millau	44° 07' N	03° 01' E	720	1970–79	188	220
Mont Aigoual	44° 07' N	03° 35' E	1565	1970–79	190	220
Mont de Marsan	43° 55' N	00° 30' E	63	1970–79	192	221
Nantes	47° 10' N	01° 37' W	27	1970–79	194	221
Nîmes	43° 45' N	04° 25' E	96	1970–79	196	221

Orléans	47° 59' N	01° 45' E	125	1970–79	198	221
Perpignan	42° 44' N	02° 52' E	48	1972–78	200	222
Poitiers	46° 35' N	00° 19' E	120	1970–78	202	222
Reims	49° 18' N	04° 02' E	99	1970–78	204	222
Saint Etienne	45° 32' N	04° 18' E	402	1975–84	206	222
Saint Yan	46° 25' N	04° 01' E	244	1975–84	208	223
Toul	48° 47' N	05° 59' E	298	1975–79	210	223
Toulouse	43° 32' N	01° 22' E	166	1970–79	212	223
Vichy	46° 10' N	03° 24' E	251	1977–85	214	223

Germania (FRG)

Berlin	52° 28' N	13° 24' E	48	1971–80	224	254
Braunschweig	52° 18' N	10° 27' E	81	1973–81	226	254
Bremen	53° 03' N	08° 47' E	3	1970–79	228	254
Düsseldorf	51° 17' N	06° 47' E	37	1970–79	230	254
Frankfurt	50° 02' N	08° 36' E	111	1971–80	232	255
Hamburg	53° 38' N	09° 59' E	13	1970–79	234	255
Hannover	52° 27' N	09° 42' E	51	1970–79	236	255
Helgoland	54° 11' N	07° 54' E	4	1971–80	238	255
Hof–Hohensaas	50° 19' N	11° 53' E	567	1971–80	240	256
List/Sylt	55° 01' N	08° 25' E	26	1971–80	242	256
München	48° 08' N	11° 43' E	527	1970–79	244	256
Nürnberg	49° 30' N	11° 05' E	310	1971–80	246	256
Saarbrücken	49° 13' N	07° 07' E	323	1971–80	248	257
Stuttgart	48° 41' N	09° 13' E	373	1972–81	250	257
Weißenburg	49° 01' N	10° 58' E	422	1971–80	252	257

Grecia

Araxos	38° 13' N	21° 22' E	15	1974–75	258	—
Athen	37° 54' N	23° 44' E	28	1974–83	260	278
Chios	38° 22' N	26° 08' E	5	1974–83	—	278
Heraklion	35° 20' N	25° 08' E	37	1974–83	262	278
Kerkyra	39° 37' N	19° 55' E	2	1974–83	264	278
Limnos (Agio Sozon)	39° 29' N	25° 13' E	47	1986–87	266	—
Limnos (Airport)	40° 06' N	24° 30' E	5	1974–75	268	—
Methoni	36° 49' N	21° 42' E	33	1974–83	—	279
Milos	36° 45' N	24° 26' E	182	1974–83	—	279
Mytilini	39° 06' N	26° 33' E	17	1974–83	270	279
Naxos	37° 00' N	25° 23' E	9	1974–83	272	280
Rodos	36° 23' N	28° 07' E	4	1974–83	274	280
Thessaloniki	40° 31' N	22° 58' E	8	1974–83	276	280

Irlanda

Belmullet	54° 14' N	10° 00' W	9	1966–75	282	302
Claremorris	53° 43' N	08° 59' W	69	1967–77	284	302
Cork	51° 51' N	08° 29' W	162	1970–79	286	302
Dublin	53° 26' N	06° 15' W	65	1970–79	288	302
Kilkenny	52° 40' N	07° 16' W	63	1970–79	290	303

Malin Head	55° 22' N	07° 20' W	24	1970-79	292	303
Mullingar	53° 32' N	07° 21' W	101	1974-83	294	303
Roches Point	51° 48' N	08° 15' W	40	1970-79	296	304
Shannon	52° 41' N	08° 55' W	8	1970-79	298	304
Valentia	51° 56' N	10° 15' W	18	1970-79	300	304

Italia

Alghero	40° 38' N	08° 17' E	40	1960-69	104	158
Bolzano	46° 28' N	11° 20' E	241	1966-75	106	158
Brindisi	40° 39' N	17° 57' E	15	1965-75	108	158
Cagliari	39° 15' N	09° 03' E	18	1951-70	110	158
Campeda	40° 21' N	08° 45' E	660	1980-86	112	159
Campo Marino	41° 56' N	15° 01' E	100	1985-88	—	159
Campolieto	41° 37' N	14° 47' E	970	1985-88	—	159
Capo Bellavista	32° 56' N	09° 43' E	138	1960-69	114	159
Capo Palinuro	40° 01' N	15° 17' E	184	1960-69	116	160
Capo Sandalo	39° 09' N	08° 14' E	100	1981-86	118	160
Capracotta	41° 50' N	14° 15' E	1370	1984-88	—	160
Cingoli	43° 23' N	13° 12' E	815	1984-88	—	160
Cirras	39° 49' N	08° 34' E	5	1980-85	120	161
Fiume Santo	40° 51' N	08° 18' E	50	1981-85	122	161
Frosolone	41° 36' N	14° 27' E	1360	1984-88	—	161
Gioia del Colle	40° 41' N	16° 56' E	350	1965-75	124	161
Grosseto	42° 45' N	11° 04' E	7	1965-75	126	162
Le Porte	42° 21' N	10° 55' E	380	1983-87	128	162
Lecce Galatina	40° 14' N	18° 09' E	48	1965-75	130	162
Macerata	43° 18' N	13° 27' E	350	1984-88	—	162
Mazara	37° 40' N	12° 35' E	40	1983-87	—	163
Milano	45° 26' N	09° 17' E	103	1966-75	132	163
Monte Arci	39° 45' N	08° 48' E	780	1980-85	134	163
Nago	45° 50' N	10° 54' E	170	1984-87	—	163
Olbia	40° 56' N	09° 30' E	2	1959-68	136	164
Pisa	43° 41' N	10° 23' E	2	1965-75	138	164
Ponza	40° 55' N	12° 57' E	184	1965-74	140	164
Salcito	41° 47' N	14° 33' E	890	1985-88	—	164
San Gavino	40° 32' N	08° 47' E	20	1979-85	142	165
San Gilla	39° 13' N	09° 06' E	1	1980-85	144	165
Santa Anna	39° 50' N	08° 41' E	40	1980-85	146	165
Santa Caterina	39° 06' N	08° 29' E	1	1981-86	148	165
Scopeto	42° 23' N	10° 54' E	180	1983-86	150	166
Trapani	37° 55' N	12° 30' E	7	1970-75	152	166
Unia	40° 50' N	08° 20' E	40	1979-85	154	166
Uras	39° 42' N	08° 42' E	30	1979-81	156	166

Lussemburgo

Findel	49° 37' N	06° 12' E	376	1970-79	370	372
--------	-----------	-----------	-----	---------	-----	-----

Olanda

Eelde	53° 08' N	06° 35' E	5	1970-76	374	386
Eindhoven	51° 27' N	05° 25' E	20	1970-76	376	386
Leeuwarden	53° 13' N	05° 46' E	0	1970-76	378	386
Schiphol	52° 18' N	04° 46' E	-4	1970-76	380	387
Terschelling	53° 21' N	05° 11' E	1	1970-76	382	387
Texel Lichtschip	53° 01' N	04° 22' E	0	1970-76	384	387

Portogallo

Beja	38° 01' N	07° 52' W	246	1971-80	388	418
Bragança	41° 48' N	06° 44' W	691	1971-80	390	418
Cabo Carvoeiro	39° 21' N	09° 24' W	32	1971-80	392	418
Coimbra	40° 12' N	08° 25' W	141	1971-80	394	418
Faro	37° 01' N	07° 58' W	8	1971-80	396	419
Ferrel	39° 23' N	09° 17' W	20	1977-78	398	419
Flores	39° 27' N	31° 08' W	28	1971-80	400	419
Funchal	32° 41' N	16° 46' W	49	1971-80	402	419
Lissabon	38° 47' N	09° 08' W	103	1971-80	404	420
Porto	41° 14' N	08° 41' W	70	1971-80	406	420
Porto Santo	33° 04' N	16° 21' W	78	1971-80	408	420
Sagres	36° 59' N	08° 57' W	40	1971-80	410	420
Santa Maria	36° 58' N	25° 10' W	100	1971-80	412	421
Sines	37° 57' N	08° 53' W	15	1973-80	414	421
Viana do Castelo	41° 42' N	08° 48' W	16	1971-80	416	421

Spagna

Albacete	38° 56' N	01° 51' W	700	1972-82	422	474
Alicante	38° 17' N	00° 32' E	30	1972-82	424	474
Almería	36° 51' N	02° 23' W	20	1972-82	426	474
Avilés	43° 33' N	06° 02' W	100	1972-82	428	474
Badajoz	38° 53' N	06° 50' W	185	1972-82	430	475
Barcelona	41° 18' N	02° 05' E	5	1972-85	432	475
El Hierro	27° 49' N	17° 53' W	31	1973-82	434	475
Fuerteventura	28° 27' N	13° 51' W	17	1972-82	436	475
Gerona	41° 54' N	02° 46' E	128	1972-82	438	476
Granada	37° 11' N	03° 47' W	569	1972-82	440	476
La Coruña	43° 08' N	08° 23' W	97	1972-82	442	476
Lanzarote	28° 56' N	13° 37' W	20	1972-82	444	476
Las Palmas	27° 56' N	15° 23' W	24	1973-82	446	477
Madrid	40° 25' N	03° 41' W	581	1972-85	448	477
Málaga	36° 43' N	04° 25' W	7	1972-82	450	477
Menorca	39° 53' N	04° 15' E	82	1972-82	452	477
Murcia	37° 58' N	01° 14' W	75	1972-82	454	478
Palma de Mallorca	39° 33' N	02° 44' E	4	1972-82	456	478
Pamplona	42° 46' N	01° 39' W	454	1973-82	458	478
Salamanca	40° 57' N	05° 30' W	790	1972-82	460	478
Santiago de Compostela	42° 56' N	08° 26' W	364	1972-82	462	479
Sevilla	37° 25' N	05° 54' W	27	1972-82	464	479

Teneriffa (Los Rodeos)	28° 28' N	16° 19' W	605	1972-82	466	479
Teneriffa (Reina Sofía)	28° 02' N	16° 34' W	72	1978-82	468	480
Valencia	39° 07' N	00° 28' E	62	1972-82	470	480
Zaragoza	41° 40' N	01° 01' W	247	1972-85	472	480

Gran Bretagna

Bala	52° 54' N	03° 35' W	163	1975-82	482	526
Benbecula	57° 28' N	07° 22' W	6	1970-81	484	526
Birmingham	52° 27' N	01° 44' W	94	1970-81	486	526
Blackpool	53° 46' N	03° 02' W	10	1972-82	488	526
Bournemouth	50° 47' N	01° 50' W	10	1970-81	490	527
Burrington	50° 56' N	03° 59' W	201	1977-82	492	527
Cairngorm	57° 13' N	03° 39' W	1065	1970-80	494	527
Castle Archdale	54° 28' N	07° 42' W	66	1971-81	496	527
Coltishall	52° 45' N	01° 21' E	19	1971-80	498	528
Duirinish	57° 32' N	05° 41' W	18	1970-80	500	528
Dustaffnage	56° 28' N	05° 26' W	3	1971-80	502	528
Eskdalemuir	55° 19' N	03° 12' W	249	1970-80	504	528
Exeter	50° 44' N	03° 25' W	31	1970-81	506	529
Fort Augustus	57° 08' N	04° 43' W	42	1970-81	508	529
London	51° 28' N	00° 28' E	24	1973-82	510	529
Lowther Hill	55° 23' N	03° 45' E	727	1974-82	512	529
Manchester	53° 21' N	02° 16' W	70	1971-80	514	530
Snaefell	54° 18' N	04° 28' W	615	1974-82	516	530
Valley	53° 15' N	04° 32' W	10	1971-80	518	530
Waddington	53° 10' N	00° 32' E	70	1971-80	520	531
Wick	58° 30' N	03° 06' E	35	1971-80	522	531
Yeovilton	51° 00' N	02° 38' W	17	1971-80	524	531

Tabella 7.2. Stazioni con radiosondaggio usate nell'Atlante del Vento. Le nazioni CEE ► sono elencate in ordine alfabetico così come le stazioni di ciascuna nazione. Le altitudini sono date in millibar [mb] o metri sul livello del mare [m]. I dati del Risø in Danimarca, sono stati derivati da osservazioni superficiali.

	Latitudine	Longitudine	Alt. [m]	Periodo	Tav. pag.
Belgio					
Ukkel	50° 48' N	04° 21' E	850 mb	1968–80	533
Danimarca					
Risø	55° 42' N	12° 05' E	superf.	1965–77	534
Francia					
Ajaccio	41° 55' N	08° 48' E	1500 m	1961–74	535
Bordeaux	44° 50' N	00° 42' W	1500 m	1961–74	536
Brest	48° 27' N	04° 25' W	1500 m	1961–74	537
Lyon	45° 44' N	04° 57' E	1500 m	1961–74	538
Nancy	48° 41' N	06° 13' E	1500 m	1961–74	539
Nantes	47° 10' N	01° 37' W	1500 m	1962–75	540
Nîmes	43° 52' N	04° 24' E	1500 m	1961–74	541
Toulouse	43° 38' N	01° 22' E	1500 m	1962–75	542
Trappes	48° 46' N	02° 01' E	1500 m	1961–74	543
Germania (FRG)					
Emden	53° 21' N	07° 13' E	850 mb	1961–70	544
Essen	51° 24' N	06° 58' E	850 mb	1965–71	545
Hannover	52° 28' N	09° 42' E	850 mb	1961–70	546
München	48° 08' N	11° 43' E	850 mb	1961–70	547
Schleswig	54° 32' N	09° 33' E	850 mb	1961–70	548
Stuttgart	48° 50' N	08° 12' E	850 mb	1961–70	549
Grecia					
Athina	37° 54' N	23° 44' E	850 mb	1974–84	550
Heraklion	35° 20' N	25° 11' E	700 mb	1974–84	551
Irlanda					
Valentia	51° 56' N	10° 15' W	850 mb	1970–79	552
Italia					
Brindisi	40° 39' N	17° 57' E	850 mb	1967–73	168
Cagliari	39° 15' N	09° 03' E	850 mb	1967–73	169
Roma	41° 48' N	12° 14' E	850 mb	1967–73	170
Udine	46° 02' N	13° 11' E	850 mb	1967–73	171
Gran Bretagna					
Aughton	53° 33' N	02° 55' W	850 mb	1961–70	557
Camborne	50° 13' N	05° 19' W	850 mb	1961–70	558
Crawley	51° 05' N	00° 13' W	850 mb	1961–70	559
Hemsby	52° 41' N	01° 41' E	850 mb	1961–70	560
Lerwick	60° 01' N	01° 11' W	850 mb	1961–70	561
Stornoway	58° 13' N	06° 20' W	850 mb	1961–70	562

Alghero

40° 38' 00" N 08° 17' 00" E UTM 32 E 439391 m N 4498380 m 40 m s.l.m.

La stazione é situata sulla costa nord occidentale della Sardegna, nell'aeroporto di Alghero Fertilia, dal nome della omonima cittadina che si trova a circa 5 km a S. La costa dista circa 5 km a S e 9 km ad O. Una regione collinare con quote fino a 436 m dista 2–4 km a SW mentre una regione montagnosa dista circa 15 km a SE. A parte le suddette configurazioni orografiche, il terreno é principalmente pianeggiante.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.01	1000	0.05	3000	0.10							3	-1
30	0.01	1000	0.05	3000	0.10							-2	-5
60	0.01	1000	0.05	3000	0.10							-11	-4
90	0.01	1000	0.05	3000	0.10							-14	1
120	0.01	1000	0.05	3000	0.10							-8	5
150	0.01	1000	0.05	3000	0.10								4
180	0.01	1000	0.05	3000	0.00							3	-1
210	0.05	2000	0.10	6000	0.00							-2	-5
240	0.05	2000	0.10	6000	0.00							-10	-4
270	0.01	2000	0.10	8000	0.00							-14	1
300	0.01	2000	0.10	8000	0.00							-8	5
330	0.01	1000	0.05	3000	0.10	10000	0.00						4

Altezza dell'anemometro: 10.0 m s.l.s. Periodo: 60010100–69123121

Sett	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.9	406	177	151	104	50	39	24	16	10	14	7	2	0	0	2.3	1.02
30	12.8	213	198	190	137	85	61	44	30	16	14	7	3	1	0	3.2	1.24
60	6.8	344	113	132	114	85	65	43	37	18	29	14	6	1	0	3.3	1.16
90	4.0	553	62	75	78	56	64	47	30	12	15	6	2	0	0	2.3	0.96
120	2.8	807	51	40	37	30	15	11	2	5	1	0	0	0	1	0.4	0.54
150	2.8	759	68	57	39	23	17	9	10	7	6	4	1	0	0	0.6	0.60
180	8.1	290	64	90	91	75	71	75	79	34	89	33	7	1	0	4.9	1.44
210	12.9	173	78	124	152	118	108	90	65	32	48	12	2	0	0	4.8	1.69
240	8.0	264	67	111	124	92	82	80	63	36	64	11	4	1	0	4.5	1.45
270	12.0	209	51	85	107	105	108	100	87	34	72	28	7	4	2	5.6	1.70
300	16.8	135	37	67	95	109	124	108	94	59	102	44	17	7	1	6.6	1.93
330	7.2	308	83	111	101	81	69	69	47	34	59	24	7	5	1	4.2	1.24
Totali	100.0	277	88	109	110	89	83	72	58	31	54	20	6	2	1	4.4	1.35

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.7	4.0	3.6	3.0	2.1	1.7	1.3	1.6	1.7	2.4	4.0	4.0	2.7
3	3.6	3.9	3.7	3.0	2.3	1.7	1.4	1.5	1.8	2.3	3.8	3.8	2.7
6	3.7	3.7	3.3	2.9	2.1	1.9	1.4	1.5	1.6	2.2	3.3	4.1	2.6
9	3.8	4.0	4.4	4.5	4.0	4.0	3.7	3.7	3.3	2.9	3.8	4.1	3.8
12	5.4	6.1	6.0	5.7	5.5	5.6	5.6	5.7	5.2	4.5	5.2	5.6	5.5
15	5.3	6.0	6.2	5.7	5.7	6.0	6.1	6.0	5.4	4.8	4.9	5.2	5.6
18	3.8	4.3	4.3	4.1	4.3	4.5	4.6	4.3	3.4	2.8	3.6	4.2	4.0
21	3.5	3.9	3.5	2.9	2.3	1.9	1.8	1.9	1.7	2.2	3.5	4.2	2.8
Giorno	4.1	4.5	4.4	4.0	3.5	3.4	3.2	3.3	3.0	3.0	4.0	4.4	3.7

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.8	4.6	5.2	4.5	1.6	1.6	5.4	6.5	6.8	8.0	8.6	6.6	6.1
	1.21	1.44	1.38	1.21	0.74	0.74	1.35	1.64	1.51	1.67	1.84	1.43	1.38
25	4.2	5.1	5.7	4.9	1.8	1.7	5.9	7.1	7.4	8.8	9.4	7.2	6.7
	1.25	1.48	1.42	1.24	0.76	0.75	1.39	1.69	1.55	1.70	1.87	1.47	1.41
50	4.5	5.5	6.2	5.3	1.9	1.9	6.4	7.7	8.0	9.4	10.0	7.7	7.2
	1.28	1.52	1.46	1.27	0.78	0.77	1.43	1.74	1.59	1.75	1.93	1.51	1.45
100	4.9	5.9	6.7	5.7	2.0	2.0	6.9	8.3	8.6	10.1	10.8	8.3	7.7
	1.24	1.47	1.42	1.24	0.76	0.75	1.38	1.69	1.55	1.71	1.89	1.47	1.42
200	5.3	6.5	7.3	6.2	2.2	2.2	7.5	9.1	9.4	10.9	11.7	9.0	8.4
	1.18	1.39	1.35	1.18	0.73	0.73	1.31	1.60	1.48	1.65	1.82	1.41	1.37
Freq	5.3	10.0	9.0	5.5	3.3	2.9	6.1	10.6	9.9	13.1	15.9	8.4	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.3	3.2	3.7	2.5	0.6	1.4	3.9	4.5	4.8	5.7	6.0	3.4	4.2
	1.04	1.23	1.18	0.94	0.60	0.74	1.22	1.39	1.31	1.50	1.63	1.03	1.22
25	2.8	3.9	4.4	3.1	0.8	1.8	4.7	5.4	5.7	6.8	7.2	4.1	5.0
	1.12	1.32	1.26	1.00	0.63	0.78	1.31	1.50	1.38	1.57	1.72	1.10	1.28
50	3.4	4.6	5.2	3.7	1.0	2.2	5.5	6.3	6.6	7.7	8.2	4.9	5.8
	1.24	1.48	1.39	1.10	0.69	0.86	1.47	1.69	1.51	1.69	1.85	1.21	1.39
100	4.1	5.5	6.2	4.4	1.3	2.7	6.6	7.6	7.8	8.9	9.5	5.8	6.9
	1.32	1.57	1.48	1.17	0.73	0.91	1.56	1.79	1.62	1.81	1.99	1.29	1.48
200	5.0	6.8	7.6	5.4	1.6	3.2	8.2	9.4	9.3	10.6	11.3	7.1	8.3
	1.26	1.50	1.42	1.12	0.70	0.88	1.49	1.71	1.55	1.75	1.92	1.24	1.44
Freq	5.3	11.2	8.2	4.6	3.0	3.0	7.0	11.6	9.6	14.2	15.9	6.4	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.2	2.9	3.2	2.1	0.5	1.7	3.5	3.9	4.2	5.0	5.2	2.8	3.6
	1.08	1.25	1.17	0.92	0.57	0.85	1.25	1.39	1.31	1.51	1.61	1.00	1.22
25	2.7	3.6	3.9	2.7	0.6	2.2	4.3	4.9	5.2	6.1	6.4	3.5	4.5
	1.15	1.34	1.23	0.97	0.60	0.90	1.34	1.48	1.38	1.58	1.68	1.06	1.28
50	3.3	4.3	4.7	3.2	0.8	2.7	5.1	5.8	6.1	7.1	7.4	4.3	5.3
	1.27	1.48	1.34	1.05	0.64	0.99	1.48	1.64	1.48	1.68	1.79	1.15	1.37
100	4.0	5.2	5.6	3.9	1.1	3.3	6.2	7.0	7.2	8.3	8.6	5.2	6.3
	1.38	1.62	1.47	1.14	0.69	1.08	1.62	1.80	1.62	1.85	1.97	1.26	1.49
200	4.8	6.4	6.8	4.7	1.3	4.0	7.6	8.6	8.6	9.8	10.2	6.3	7.6
	1.33	1.55	1.41	1.10	0.67	1.04	1.55	1.72	1.56	1.78	1.90	1.21	1.45
Freq	5.9	10.9	7.9	4.5	2.9	3.4	7.4	11.4	10.0	14.4	15.1	6.3	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.8	2.3	2.5	1.5	0.5	1.8	2.8	3.1	3.4	4.0	4.0	2.1	2.9
	1.13	1.24	1.17	0.88	0.60	0.99	1.30	1.36	1.35	1.54	1.58	0.98	1.23
25	2.4	3.0	3.3	2.0	0.6	2.4	3.7	4.1	4.5	5.2	5.3	2.8	3.8
	1.19	1.31	1.23	0.92	0.62	1.04	1.37	1.44	1.41	1.60	1.64	1.03	1.28
50	3.0	3.7	4.0	2.5	0.9	2.9	4.6	5.0	5.4	6.2	6.3	3.5	4.6
	1.29	1.41	1.32	0.98	0.67	1.12	1.49	1.56	1.49	1.68	1.73	1.11	1.36
100	3.7	4.6	4.9	3.2	1.1	3.7	5.6	6.1	6.5	7.4	7.5	4.3	5.6
	1.46	1.60	1.49	1.10	0.74	1.27	1.69	1.77	1.65	1.85	1.90	1.25	1.49
200	4.5	5.6	5.9	3.8	1.3	4.4	6.8	7.4	7.8	8.8	8.9	5.3	6.7
	1.40	1.55	1.44	1.07	0.71	1.23	1.63	1.71	1.63	1.83	1.88	1.21	1.47
Freq	6.7	10.5	7.4	4.3	2.9	3.9	8.0	11.1	10.6	14.6	13.9	6.1	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.6	323	3.9	140	3.4	92	2.7	44
25	6.1	409	4.6	214	4.2	156	3.5	93
50	6.5	484	5.3	281	4.9	218	4.2	145
100	7.0	627	6.2	407	5.7	313	5.0	213
200	7.7	871	7.5	759	6.9	577	6.1	381

Bolzano

46° 28' 00" N 11° 20' 00" E UTM 32 E 679156 m N 5148643 m 241 m s.l.m.

La stazione é situata in una valle Dolomitica. Le montagne distano circa 1 km ad E e circa 3 km ad O. La città di Bolzano dista 4–5 km nei settori da N a NE. La stazione é situata nell'aeroporto e l'anemometro é montato su un palo alto 4 m sulla terrazza di un edificio alto 6 m. Intorno all'anemometro si hanno diversi ostacoli quali hangars, caseggiati ed alberi a distanza dagli 80–350 m nelle direzioni da 10°–90°. Alcune costruzioni son presenti anche tra 240° e 300° a distanza di 500–600 m.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.05	1600	0.10										
30	0.05	100	0.40	450	0.05	1000	0.40						
60	0.40	100	0.20										
90	0.40	100	0.20										
120	0.40	200	0.20										
150	0.40	250	0.05	750	0.20								
180	0.40	500	0.05	1000	0.20								
210	0.05	1000	0.20										
240	0.05	500	0.40	650	0.05	1050	0.20						
270	0.05	500	0.30	750	0.05	1250	0.20						
300	0.05	400	0.30	600	0.05	1100	0.20						
330	0.50	1000	0.40										

Altezza dell'anemometro: 6.0 m s.l.s. Periodo: 66010100–75123121

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	8.0	842	38	29	22	18	9	12	14	7	6	3	0	0	0	0.3	0.48
30	10.2	666	46	56	57	49	40	32	27	14	11	2	0	0	0	1.4	0.78
60	8.4	773	30	40	40	38	32	22	14	6	4	1	0	0	0	0.7	0.61
90	7.1	956	10	12	9	5	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0.7	0.88
120	6.7	981	6	4	4	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0.7	1.12
150	7.4	869	50	39	24	13	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0.7	0.80
180	15.6	467	158	138	109	62	35	19	8	4	1	0	0	0	0	2.0	1.14
210	9.2	747	98	65	33	23	14	8	7	2	3	0	0	0	0	0.7	0.66
240	6.6	977	15	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	1.75
270	7.1	989	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	2.40
300	6.6	977	9	4	2	2	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0.7	0.89
330	7.2	890	31	21	18	16	10	6	3	2	3	0	0	0	0	0.5	0.62
Totali	100.0	802	53	45	35	24	15	11	7	4	3	1	0	0	0	0.5	0.57

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	0.3	0.4	0.4	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2
6	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2
9	0.2	0.3	0.4	0.6	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2
12	0.3	0.6	1.3	1.9	1.6	1.6	1.7	1.0	0.6	0.5	0.3	0.5	1.0
15	0.4	1.2	2.6	3.1	3.2	2.7	2.8	1.9	1.6	0.8	0.5	0.5	1.8
18	0.4	1.0	2.4	3.2	3.0	2.4	2.4	1.7	1.0	0.4	0.3	0.4	1.6
21	0.3	0.6	0.9	1.2	0.8	0.7	0.8	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.6
Giorno	0.3	0.6	1.1	1.4	1.2	1.0	1.1	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.7

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.1 0.64	2.1 0.72	2.2 0.73	0.8 0.56	1.6 1.16	1.7 1.02	4.0 1.17	3.1 1.06	1.5 0.93	1.1 1.89	1.3 1.09	1.4 0.73	1.8 0.77
25	1.3 0.65	2.3 0.72	2.4 0.74	0.9 0.57	1.8 1.19	1.8 1.05	4.3 1.21	3.5 1.09	1.6 0.96	1.3 1.95	1.4 1.12	1.6 0.74	2.0 0.78
50	1.4 0.67	2.5 0.73	2.6 0.75	0.9 0.58	2.0 1.23	2.0 1.07	4.7 1.24	3.8 1.11	1.8 0.98	1.4 2.00	1.6 1.15	1.7 0.76	2.2 0.80
100	1.5 0.66	2.6 0.73	2.8 0.75	1.0 0.57	2.1 1.19	2.1 1.04	5.1 1.21	4.0 1.08	1.9 0.95	1.5 1.94	1.7 1.12	1.8 0.74	2.4 0.79
200	1.5 0.64	2.8 0.72	2.9 0.73	1.0 0.56	2.3 1.13	2.3 0.99	5.5 1.14	4.4 1.03	2.1 0.91	1.6 1.83	1.8 1.06	1.9 0.71	2.6 0.78
Freq	7.8	9.3	9.1	7.6	6.9	7.1	12.2	11.9	7.7	6.8	6.8	6.8	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	0.8 0.62	1.9 0.74	1.3 0.65	1.0 0.74	1.1 1.01	1.2 0.89	3.1 1.11	1.5 0.80	0.8 0.87	0.8 1.54	0.9 0.87	1.1 0.67	1.3 0.72
25	1.1 0.65	2.3 0.76	1.5 0.66	1.3 0.79	1.3 1.08	1.5 0.95	3.8 1.19	1.9 0.86	1.0 0.93	1.0 1.66	1.1 0.93	1.4 0.71	1.6 0.76
50	1.3 0.71	2.7 0.79	1.7 0.68	1.6 0.87	1.6 1.21	1.8 1.06	4.5 1.33	2.3 0.95	1.3 1.03	1.1 1.86	1.3 1.04	1.7 0.77	1.9 0.81
100	1.6 0.75	3.1 0.84	2.1 0.72	2.0 0.92	1.9 1.28	2.2 1.12	5.4 1.41	2.8 1.00	1.5 1.09	1.4 1.98	1.5 1.10	2.1 0.81	2.4 0.86
200	1.9 0.73	3.5 0.82	2.3 0.70	2.4 0.88	2.3 1.23	2.7 1.07	6.6 1.35	3.4 0.96	1.9 1.04	1.7 1.89	1.9 1.05	2.5 0.78	2.9 0.85
Freq	8.1	9.7	8.6	7.3	6.7	7.3	14.2	10.4	7.0	7.0	6.7	6.9	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	0.5 0.55	1.8 0.77	1.1 0.65	0.8 0.73	0.9 1.02	1.0 0.85	2.8 1.14	1.1 0.76	0.8 1.08	0.7 1.69	0.8 0.88	1.1 0.70	1.1 0.72
25	0.6 0.56	2.3 0.79	1.4 0.67	1.0 0.77	1.2 1.09	1.3 0.90	3.5 1.22	1.4 0.81	1.0 1.15	0.9 1.81	1.0 0.93	1.4 0.73	1.4 0.75
50	0.8 0.59	2.6 0.81	1.6 0.69	1.3 0.84	1.4 1.19	1.5 0.98	4.2 1.34	1.7 0.88	1.1 1.27	1.0 2.00	1.2 1.02	1.7 0.79	1.7 0.79
100	1.0 0.63	3.1 0.87	1.9 0.73	1.6 0.91	1.7 1.31	1.9 1.07	5.1 1.47	2.2 0.95	1.4 1.39	1.2 2.19	1.5 1.11	2.1 0.85	2.1 0.85
200	1.1 0.62	3.6 0.85	2.2 0.72	1.9 0.88	2.1 1.25	2.3 1.02	6.3 1.41	2.6 0.92	1.7 1.33	1.5 2.10	1.8 1.07	2.5 0.82	2.6 0.84
Freq	8.3	9.9	8.5	7.2	6.7	7.4	14.9	9.9	6.7	7.1	6.6	6.9	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	0.3 0.51	1.5 0.77	0.8 0.63	0.7 0.87	0.8 1.04	0.6 0.67	2.2 1.13	0.6 0.65	0.6 2.03	0.6 1.87	0.7 0.92	0.7 0.64	0.8 0.71
25	0.4 0.52	1.9 0.79	1.0 0.65	1.0 0.92	1.0 1.10	0.8 0.70	2.9 1.19	0.8 0.69	0.8 2.15	0.8 1.98	1.0 0.97	0.9 0.66	1.1 0.73
50	0.6 0.54	2.3 0.81	1.3 0.67	1.2 0.99	1.3 1.19	1.0 0.75	3.6 1.29	1.0 0.73	1.0 2.33	1.0 2.15	1.2 1.04	1.1 0.69	1.4 0.76
100	0.7 0.56	2.8 0.86	1.6 0.70	1.5 1.11	1.6 1.35	1.3 0.84	4.4 1.46	1.3 0.81	1.2 2.66	1.2 2.45	1.5 1.18	1.5 0.75	1.8 0.81
200	0.8 0.56	3.3 0.87	1.8 0.70	1.9 1.07	1.9 1.30	1.6 0.81	5.4 1.41	1.5 0.79	1.5 2.56	1.5 2.36	1.9 1.14	1.7 0.74	2.2 0.82
Freq	7.9	10.0	8.3	7.0	6.8	7.8	15.6	8.9	6.7	7.0	6.3	7.7	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	2.1	77	1.6	40	1.4	26	1.1	12
25	2.3	95	1.9	58	1.7	43	1.4	25
50	2.5	110	2.2	70	2.0	56	1.7	38
100	2.7	142	2.6	93	2.3	74	2.0	52
200	3.0	201	3.1	177	2.8	135	2.4	89

Brindisi

40° 39' 00'' N 17° 57' 00'' E UTM 33 E 749435 m N 4504168 m 15 m s.l.m.

La stazione é situata sulla costa SE della Puglia. Il terreno é pianeggiante, coltivato a cereali e con fattorie sparse. La distanza dalla costa varia da 300 m a 2.5 km a secondo del settore da NO a SSE. L'anemometro é collocato tra le piste dell'aeroporto di Brindisi che dista circa 2 km in direzione S.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.03	1000	0.01	2000	0.00								
30	0.01	900	0.00										
60	0.03	300	0.00										
90	0.05	1300	0.00	1800	0.05	2100	0.00						
120	0.05	1300	0.00										
150	0.05	1300	0.00	2000	0.10								
180	0.05	2000	0.20	4000	0.10								
210	0.05	2500	0.20	3500	0.10								
240	0.10												
270	0.10												
300	0.05												
330	0.05	2500	0.00										

Altezza dell'anemometro: 6.0 m s.l.s. Periodo: 65010103-75123121

Sett	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	11.2	144	31	93	127	113	109	89	79	51	84	46	23	6	6	6.2	1.63
30	7.4	226	46	119	141	96	77	57	56	43	64	41	25	7	2	5.0	1.31
60	4.4	394	56	150	142	72	54	27	34	18	29	14	8	2	1	3.3	1.11
90	4.1	407	43	130	163	98	61	31	23	14	17	11	2	1	0	3.3	1.28
120	4.9	353	46	97	128	121	77	47	35	28	39	19	8	1	1	4.1	1.30
150	9.6	182	57	135	148	130	86	63	66	34	54	28	12	3	3	4.9	1.42
180	10.7	173	43	117	137	114	97	71	70	44	75	42	11	5	2	5.5	1.51
210	7.4	244	48	134	159	105	93	68	47	28	45	22	5	2	0	4.4	1.42
240	5.7	310	81	193	159	87	57	32	25	18	22	9	4	1	2	3.3	1.20
270	6.1	305	92	194	163	75	53	44	25	15	22	8	3	2	0	3.3	1.24
300	10.2	177	44	117	135	137	109	79	69	49	51	24	7	3	0	5.2	1.67
330	18.3	97	27	74	119	124	124	106	100	69	94	45	13	4	4	6.6	1.93
Totali	100.0	210	47	120	139	111	92	70	63	41	60	31	11	4	2	5.0	1.44

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	4.7	4.4	3.8	3.5	2.8	2.4	3.1	2.7	2.9	3.4	4.0	4.4	3.5
3	5.0	4.3	4.0	3.4	2.9	2.4	3.2	2.9	3.2	3.5	3.9	4.4	3.6
6	4.7	4.5	4.0	3.7	3.5	3.5	3.9	3.3	3.3	3.7	4.0	4.5	3.9
9	5.2	5.5	5.6	5.5	5.6	5.2	5.2	5.0	4.8	4.9	4.9	5.0	5.2
12	6.2	6.4	6.1	6.3	6.1	5.7	5.9	5.5	5.3	5.4	5.7	5.6	5.8
15	5.4	5.9	5.9	5.9	5.6	5.2	5.6	5.1	5.0	4.8	5.0	5.1	5.4
18	4.6	4.7	4.3	4.1	4.0	3.6	4.0	3.6	3.2	3.5	4.0	4.2	4.0
21	4.7	4.4	4.0	3.5	2.9	2.7	3.0	2.7	2.7	3.4	4.1	4.3	3.5
Giorno	5.1	5.0	4.7	4.5	4.2	3.8	4.2	3.9	3.8	4.1	4.4	4.7	4.4

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	8.4 1.69	6.5 1.38	4.3 1.13	4.4 1.25	5.4 1.29	8.0 1.56	9.1 1.62	7.9 1.60	6.6 1.40	6.2 1.40	8.4 1.81	9.2 1.90	7.6 1.53
25	9.2 1.73	7.1 1.41	4.7 1.17	4.8 1.29	5.9 1.33	8.7 1.58	9.9 1.64	8.7 1.63	7.2 1.42	6.8 1.43	9.2 1.85	10.1 1.93	8.3 1.56
50	9.8 1.77	7.6 1.45	5.1 1.20	5.2 1.32	6.4 1.37	9.3 1.62	10.6 1.67	9.3 1.67	7.7 1.46	7.3 1.47	9.9 1.90	10.7 1.98	8.9 1.59
100	10.5 1.74	8.2 1.42	5.5 1.16	5.7 1.28	6.9 1.33	9.9 1.60	11.3 1.66	9.9 1.65	8.2 1.44	7.8 1.44	10.6 1.86	11.5 1.94	9.6 1.57
200	11.4 1.68	8.9 1.37	6.0 1.10	6.2 1.22	7.5 1.26	10.6 1.55	12.1 1.63	10.7 1.60	8.8 1.39	8.5 1.39	11.4 1.80	12.4 1.88	10.3 1.53
Freq	12.4	8.0	4.9	4.1	4.8	8.8	10.5	7.9	6.0	6.0	9.6	17.1	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.6 1.43	4.0 1.13	2.6 0.96	3.1 1.09	3.9 1.13	5.8 1.43	6.6 1.51	5.3 1.44	4.4 1.21	4.5 1.27	6.3 1.72	6.5 1.69	5.3 1.38
25	6.7 1.49	4.8 1.19	3.2 1.03	3.8 1.17	4.7 1.20	6.8 1.48	7.7 1.55	6.3 1.50	5.2 1.26	5.3 1.34	7.4 1.79	7.7 1.77	6.3 1.44
50	7.6 1.60	5.6 1.30	3.8 1.15	4.5 1.31	5.6 1.32	7.7 1.56	8.7 1.61	7.2 1.60	6.0 1.35	6.1 1.44	8.4 1.92	8.7 1.88	7.2 1.53
100	8.8 1.71	6.7 1.39	4.6 1.22	5.4 1.39	6.6 1.41	8.8 1.67	9.8 1.73	8.3 1.72	6.9 1.44	7.1 1.54	9.6 2.06	10.0 2.02	8.4 1.63
200	10.3 1.66	8.0 1.34	5.7 1.17	6.6 1.33	8.0 1.35	10.2 1.62	11.2 1.68	9.8 1.66	8.1 1.40	8.5 1.49	11.4 1.99	11.7 1.96	9.8 1.60
Freq	10.9	7.2	4.3	4.2	5.2	9.6	10.5	7.3	5.7	6.4	10.9	17.8	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.8 1.42	3.4 1.12	2.3 0.98	2.7 1.08	3.6 1.15	5.1 1.44	5.7 1.50	4.5 1.40	3.8 1.23	4.1 1.33	5.5 1.75	5.7 1.69	4.7 1.38
25	5.9 1.48	4.3 1.18	2.9 1.04	3.4 1.15	4.5 1.21	6.2 1.48	6.9 1.54	5.6 1.46	4.7 1.28	5.0 1.39	6.7 1.81	6.9 1.76	5.7 1.44
50	6.8 1.56	5.1 1.27	3.5 1.14	4.1 1.26	5.3 1.30	7.2 1.55	7.8 1.60	6.4 1.54	5.5 1.36	5.9 1.48	7.8 1.92	8.0 1.86	6.6 1.52
100	8.0 1.71	6.1 1.40	4.3 1.24	5.0 1.38	6.3 1.42	8.3 1.68	9.0 1.71	7.5 1.69	6.5 1.48	6.9 1.62	9.0 2.11	9.2 2.03	7.7 1.65
200	9.4 1.65	7.3 1.35	5.3 1.19	6.1 1.32	7.5 1.37	9.5 1.64	10.3 1.69	8.8 1.64	7.6 1.44	8.2 1.57	10.6 2.04	10.8 1.98	9.1 1.61
Freq	10.6	6.9	4.3	4.2	5.6	9.7	10.2	7.1	5.8	6.8	11.6	17.2	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.7 1.40	2.6 1.11	1.8 0.99	2.2 1.09	3.0 1.17	4.1 1.46	4.4 1.51	3.5 1.41	3.0 1.24	3.4 1.38	4.4 1.80	4.4 1.67	3.7 1.40
25	4.8 1.44	3.5 1.16	2.5 1.04	3.0 1.15	3.9 1.22	5.3 1.50	5.7 1.54	4.6 1.46	4.0 1.29	4.4 1.44	5.8 1.86	5.7 1.73	4.8 1.44
50	5.8 1.52	4.3 1.24	3.1 1.13	3.6 1.24	4.8 1.29	6.3 1.55	6.7 1.59	5.6 1.53	4.8 1.35	5.3 1.51	6.9 1.96	6.8 1.81	5.8 1.51
100	6.9 1.65	5.2 1.38	3.8 1.27	4.5 1.40	5.7 1.41	7.4 1.65	7.9 1.68	6.6 1.66	5.7 1.48	6.4 1.65	8.1 2.12	8.1 1.96	6.9 1.63
200	8.2 1.65	6.3 1.35	4.6 1.23	5.5 1.36	6.8 1.40	8.7 1.67	9.2 1.71	7.8 1.66	6.8 1.47	7.6 1.64	9.6 2.12	9.5 1.97	8.1 1.63
Freq	10.2	6.5	4.2	4.3	6.2	9.8	9.8	6.9	5.8	7.3	12.5	16.4	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.9	525	4.9	222	4.3	145	3.4	70
25	7.5	664	5.8	340	5.2	248	4.4	147
50	8.0	783	6.5	450	6.0	349	5.2	232
100	8.6	982	7.5	618	6.9	484	6.1	341
200	9.3	1300	8.8	1045	8.2	816	7.3	564

Cagliari

39° 15' 00" N 09° 03' 00" E UTM 32 E 504314 m N 4344594 m 18 m s.l.m.

La stazione é situata all'interno dell'aeroporto di Cagliari Elmas all'estremitá meridionale della pianura del Campidano. La cittá di Cagliari si estende a circa 2 km di distanza in direzione E. Il terreno é aperto e pianeggiante in ogni direzione.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.05	1000	0.20										
30	0.05	1000	0.20										
60	0.05	1000	0.20										
90	0.05	1000	0.20	3000	0.40								
120	0.05	1000	0.00	3000	0.40								
150	0.05	1500	0.00	2500	0.00	3500	0.00						
180	0.05	1000	0.00	2500	0.00	6500	0.00						
210	0.05	1000	0.00	4000	0.00								
240	0.05	1000	0.00	4000	0.00	7000	0.20						
270	0.05	1000	0.00	4000	0.20								
300	0.05	500	0.00	2500	0.20								
330	0.05	1000	0.20										

Altezza dell'anemometro: 6.5 m s.l.s. Periodo: 51010100-70123121

Sett	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	10.6	156	120	175	166	112	92	60	56	25	30	6	1	1	0	4.1	1.54
30	3.3	390	171	164	124	76	40	18	8	3	4	2	0	0	1	2.4	1.12
60	2.1	593	120	116	65	31	29	16	12	9	8	1	0	0	0	1.5	0.85
90	3.6	347	107	141	120	75	60	44	48	25	24	8	0	0	0	3.3	1.22
120	5.7	216	80	108	123	98	88	85	82	50	57	9	2	0	0	4.8	1.63
150	10.6	125	60	102	143	142	141	118	82	43	39	5	0	0	0	5.3	2.19
180	10.7	131	70	121	147	144	125	114	79	37	28	4	0	0	0	5.0	2.09
210	3.2	388	92	113	107	87	74	60	41	17	16	1	2	1	2	3.2	1.19
240	2.0	605	80	78	53	47	30	17	28	23	26	9	4	0	0	1.7	0.78
270	5.2	240	89	78	76	73	78	84	93	57	89	26	13	3	0	5.5	1.60
300	15.6	113	105	146	143	105	83	81	75	46	67	22	9	4	0	5.1	1.54
330	27.3	83	111	158	165	106	82	71	73	41	68	28	11	4	0	5.1	1.48
Totali	100.0	171	99	137	141	107	90	77	68	38	49	15	5	2	0	4.7	1.51

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.2	3.7	3.4	3.4	3.3	3.2	3.2	3.2	2.5	2.6	2.8	3.4	3.2
3	3.4	3.4	3.3	3.3	3.4	3.0	3.0	3.0	2.4	2.7	2.9	3.4	3.1
6	3.3	3.4	3.3	3.1	3.1	3.0	2.9	2.9	2.4	2.7	3.0	3.5	3.1
9	3.4	3.6	4.0	4.4	4.3	4.1	3.8	4.0	3.1	3.0	3.1	3.5	3.7
12	4.5	5.3	5.6	5.8	5.7	5.8	6.0	6.0	5.0	4.6	4.3	4.8	5.3
15	5.1	6.1	6.3	6.6	6.4	6.6	6.7	6.7	6.1	5.3	5.0	5.1	6.0
18	3.9	4.7	5.1	5.5	5.6	5.6	5.7	5.9	5.0	4.1	3.5	4.0	4.9
21	3.4	3.9	3.8	4.0	3.9	3.8	4.1	4.0	3.3	2.8	2.9	3.5	3.6
Giorno	3.8	4.3	4.4	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	3.7	3.5	3.4	3.9	4.1

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	7.9	6.0	3.4	5.5	7.6	7.3	6.9	6.4	3.6	8.0	8.1	8.7	7.5
	1.63	1.56	1.13	1.32	1.80	2.07	2.11	1.88	1.07	1.68	1.78	1.62	1.61
25	8.6	6.6	3.8	6.0	8.3	8.0	7.6	7.0	4.0	8.7	8.8	9.5	8.2
	1.66	1.61	1.17	1.35	1.85	2.13	2.18	1.94	1.10	1.71	1.82	1.64	1.64
50	9.2	7.1	4.1	6.5	8.9	8.6	8.1	7.5	4.3	9.3	9.4	10.2	8.7
	1.70	1.65	1.20	1.38	1.90	2.19	2.23	1.99	1.12	1.76	1.87	1.67	1.68
100	9.8	7.7	4.4	6.9	9.5	9.3	8.8	8.1	4.7	10.0	10.1	10.8	9.4
	1.67	1.60	1.16	1.35	1.85	2.12	2.16	1.93	1.09	1.73	1.83	1.66	1.66
200	10.6	8.4	4.8	7.5	10.4	10.3	9.8	9.0	5.0	10.8	11.0	11.6	10.2
	1.62	1.52	1.11	1.30	1.77	2.01	2.05	1.83	1.04	1.67	1.77	1.62	1.62
Freq	15.0	5.3	2.4	3.2	5.2	9.4	10.7	5.1	2.3	4.4	12.9	24.1	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.2	3.2	1.9	4.1	5.5	5.0	4.7	3.5	1.9	6.0	5.6	6.3	5.2
	1.53	1.16	0.88	1.23	1.65	1.83	1.75	1.19	0.80	1.60	1.55	1.47	1.42
25	6.2	3.9	2.3	4.9	6.5	6.0	5.7	4.2	2.3	7.1	6.6	7.3	6.2
	1.62	1.25	0.94	1.29	1.75	1.97	1.89	1.27	0.84	1.67	1.63	1.51	1.49
50	7.1	4.6	2.8	5.7	7.5	7.0	6.6	5.0	2.7	8.0	7.5	8.3	7.1
	1.77	1.40	1.04	1.40	1.91	2.22	2.12	1.42	0.90	1.79	1.75	1.58	1.60
100	8.3	5.5	3.4	6.7	8.8	8.3	7.8	6.0	3.3	9.2	8.7	9.4	8.2
	1.90	1.48	1.10	1.50	2.05	2.36	2.26	1.51	0.96	1.92	1.88	1.69	1.73
200	10.0	6.8	4.2	8.0	10.6	10.3	9.7	7.4	3.9	10.8	10.3	10.8	9.8
	1.83	1.42	1.06	1.44	1.97	2.25	2.16	1.45	0.93	1.86	1.81	1.65	1.70
Freq	11.1	3.5	2.1	3.6	5.7	10.6	10.7	3.3	2.0	5.1	15.4	26.8	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.4	2.6	1.8	3.7	4.8	4.3	4.1	2.9	2.1	5.1	4.9	5.4	4.5
	1.54	1.12	0.89	1.27	1.69	1.82	1.73	1.14	0.87	1.59	1.55	1.48	1.43
25	5.5	3.2	2.3	4.6	5.9	5.4	5.1	3.7	2.6	6.2	6.0	6.6	5.6
	1.62	1.20	0.95	1.33	1.79	1.95	1.85	1.22	0.91	1.65	1.62	1.52	1.49
50	6.4	3.9	2.8	5.4	6.8	6.3	5.9	4.4	3.1	7.2	7.0	7.6	6.5
	1.76	1.32	1.04	1.43	1.95	2.15	2.05	1.34	0.96	1.75	1.72	1.58	1.58
100	7.6	4.7	3.4	6.4	8.1	7.5	7.1	5.3	3.7	8.4	8.1	8.7	7.6
	1.94	1.44	1.13	1.57	2.14	2.37	2.25	1.47	1.05	1.91	1.88	1.69	1.73
200	9.2	5.8	4.1	7.7	9.8	9.3	8.8	6.5	4.4	9.9	9.6	10.0	9.1
	1.86	1.38	1.09	1.51	2.06	2.26	2.15	1.41	1.02	1.85	1.82	1.67	1.71
Freq	10.2	3.2	2.2	3.8	6.1	10.6	10.1	3.1	2.2	5.9	16.1	26.4	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.5	2.0	1.7	3.1	3.8	3.4	3.2	2.2	2.2	3.9	3.9	4.3	3.6
	1.54	1.10	0.95	1.33	1.77	1.81	1.69	1.12	1.02	1.57	1.55	1.49	1.44
25	4.6	2.6	2.2	4.1	4.9	4.5	4.2	3.0	2.9	5.1	5.1	5.6	4.7
	1.62	1.17	1.00	1.39	1.87	1.92	1.78	1.18	1.05	1.62	1.60	1.52	1.50
50	5.5	3.3	2.8	4.9	6.0	5.4	5.1	3.7	3.6	6.1	6.1	6.6	5.6
	1.73	1.26	1.08	1.48	2.03	2.08	1.94	1.27	1.10	1.71	1.68	1.58	1.58
100	6.6	4.0	3.5	5.9	7.2	6.5	6.2	4.5	4.3	7.2	7.3	7.7	6.7
	1.94	1.43	1.22	1.64	2.30	2.37	2.21	1.44	1.20	1.87	1.82	1.67	1.72
200	8.0	4.9	4.2	7.1	8.7	8.0	7.5	5.5	5.1	8.6	8.6	9.0	8.0
	1.89	1.38	1.18	1.61	2.22	2.28	2.13	1.39	1.19	1.86	1.82	1.70	1.73
Freq	9.3	3.1	2.4	4.0	6.7	10.7	9.2	3.0	2.6	7.3	17.5	24.3	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.7	451	4.7	189	4.1	124	3.2	60
25	7.3	573	5.6	291	5.0	214	4.2	126
50	7.8	679	6.4	390	5.8	302	5.1	200
100	8.4	856	7.3	544	6.8	428	6.0	298
200	9.1	1143	8.8	943	8.1	731	7.2	501

Campeda

40° 21' 00" N 08° 45' 00" E UTM 32 E 478768 m N 4466712 m 660 m s.l.m.

La stazione é situata su un altipiano a circa 40 km dalla costa della Sardegna occidentale. Il terreno é aperto in tutte le direzioni con cespugli, case sparse ed alberi isolati. Le singole proprietà sono separate da muretti alti circa 1-m. Le montagne più vicine (alte approssim. 1000 m) sono a distanza di circa 10–15 km in direzione ESE. In direzione NNO a circa 1.5 km dalla stazione, l'altipiano scende ripido a scarpata.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.05												
30	0.03												
60	0.03												
90	0.03												
120	0.03	3000	0.05										
150	0.03												
180	0.03												
210	0.03												
240	0.05												
270	0.05												
300	0.05												
330	0.05	2000	0.10	3000	0.05								

Altezza dell'anemometro: 15.0 m s.l.s. Periodo: 80041012–86020318

Sett	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.4	213	255	212	136	77	45	22	16	8	12	2	1	1	0	2.8	1.26
30	9.1	178	207	179	142	85	63	53	29	25	27	9	2	2	0	3.5	1.25
60	8.0	204	193	163	144	105	69	47	27	16	19	11	2	0	0	3.5	1.34
90	8.2	175	198	213	162	73	69	44	30	12	14	5	3	1	0	3.3	1.30
120	6.0	237	221	177	100	102	48	42	19	19	20	11	2	0	2	3.0	1.12
150	10.5	121	116	121	130	132	139	80	50	33	53	18	5	1	0	5.1	1.75
180	5.3	81	161	225	201	143	77	60	23	15	11	1	1	0	0	3.9	1.76
210	6.0	111	168	207	167	118	77	50	24	31	24	15	5	3	0	3.9	1.35
240	9.1	111	146	128	146	140	121	83	34	36	32	16	5	2	0	4.7	1.65
270	12.3	90	107	135	152	149	112	75	63	37	50	20	8	0	1	5.1	1.66
300	11.0	95	117	120	122	110	82	82	75	55	80	37	16	6	5	5.7	1.52
330	7.2	233	216	150	124	72	58	46	38	26	17	13	7	0	0	3.3	1.16
Totali	100.0	149	168	162	142	111	84	60	39	28	34	15	5	1	1	4.1	1.37

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	4.8	4.0	3.4	3.4	3.7	2.7	2.6	2.8	3.0	3.5	3.3	4.1	3.4
3	4.6	3.4	3.6	3.4	3.5	2.7	2.5	2.4	2.9	3.5	3.4	3.8	3.3
6	4.5	3.8	3.5	3.4	3.4	2.5	2.3	2.6	2.8	3.5	3.4	4.1	3.3
9	5.0	4.0	4.1	4.3	4.1	3.5	3.1	3.2	3.3	3.8	3.6	4.3	3.8
12	5.7	4.8	4.5	5.0	4.7	3.9	4.0	4.2	4.1	4.7	4.1	5.0	4.5
15	5.6	4.4	4.5	4.8	4.7	4.4	4.6	4.8	4.6	4.5	3.6	4.3	4.6
18	4.6	3.5	3.3	3.6	3.4	3.0	2.7	3.2	3.1	3.3	3.1	4.2	3.4
21	5.1	3.5	3.3	3.1	3.3	2.3	2.2	2.5	2.9	3.2	3.6	4.2	3.2
Giorno	5.0	3.9	3.8	3.9	3.8	3.1	3.0	3.2	3.3	3.8	3.5	4.3	3.7

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.1 1.39	4.6 1.42	4.7 1.51	4.6 1.52	4.3 1.38	6.4 1.89	5.7 1.88	5.3 1.62	6.4 1.83	7.1 1.92	7.7 1.71	5.7 1.40	5.7 1.54
25	4.6 1.43	5.0 1.46	5.2 1.56	5.0 1.57	4.8 1.42	7.0 1.95	6.2 1.94	5.8 1.67	7.1 1.89	7.7 1.98	8.4 1.74	6.3 1.44	6.2 1.58
50	4.9 1.47	5.4 1.50	5.6 1.60	5.4 1.61	5.1 1.46	7.6 2.00	6.7 1.99	6.3 1.72	7.6 1.94	8.3 2.03	9.0 1.79	6.8 1.47	6.7 1.62
100	5.3 1.42	5.8 1.45	6.0 1.55	5.8 1.56	5.6 1.41	8.2 1.94	7.2 1.93	6.8 1.67	8.2 1.88	9.0 1.97	9.6 1.75	7.3 1.44	7.2 1.58
200	5.8 1.35	6.4 1.38	6.6 1.47	6.4 1.48	6.1 1.34	9.0 1.83	7.9 1.83	7.5 1.58	9.1 1.77	9.9 1.86	10.5 1.69	7.9 1.37	7.9 1.52
Freq	7.3	8.7	8.3	8.1	6.6	9.4	6.7	5.8	8.3	11.4	11.4	8.1	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.7 1.23	3.2 1.21	3.2 1.30	3.1 1.28	2.8 1.12	4.7 1.69	3.6 1.68	3.7 1.33	4.6 1.60	4.9 1.62	5.5 1.49	3.2 1.13	3.9 1.33
25	3.3 1.32	3.9 1.31	3.9 1.40	3.7 1.38	3.5 1.20	5.6 1.82	4.3 1.81	4.4 1.44	5.5 1.72	5.9 1.74	6.5 1.56	3.9 1.22	4.7 1.42
50	3.9 1.48	4.6 1.46	4.6 1.56	4.4 1.54	4.1 1.34	6.5 2.05	5.1 2.04	5.2 1.61	6.4 1.93	6.9 1.96	7.5 1.67	4.6 1.36	5.5 1.56
100	4.7 1.57	5.5 1.55	5.5 1.67	5.2 1.64	4.9 1.42	7.7 2.18	6.0 2.17	6.2 1.71	7.6 2.06	8.2 2.08	8.6 1.79	5.6 1.45	6.5 1.67
200	5.8 1.50	6.8 1.49	6.8 1.59	6.5 1.57	6.1 1.36	9.6 2.08	7.5 2.07	7.7 1.63	9.5 1.97	10.2 1.99	10.2 1.73	6.9 1.38	8.1 1.62
Freq	7.4	9.1	8.0	8.2	6.0	10.4	5.4	6.0	9.0	12.2	11.0	7.3	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.4 1.24	2.8 1.24	2.8 1.31	2.7 1.29	2.7 1.19	4.0 1.69	3.1 1.65	3.2 1.34	4.0 1.60	4.3 1.60	4.8 1.49	2.8 1.14	3.4 1.35
25	3.1 1.33	3.5 1.32	3.5 1.40	3.4 1.38	3.4 1.27	5.0 1.81	3.9 1.77	4.0 1.43	5.0 1.72	5.3 1.71	5.8 1.55	3.5 1.22	4.3 1.42
50	3.6 1.46	4.2 1.46	4.2 1.54	4.0 1.53	4.1 1.40	5.9 2.00	4.6 1.96	4.8 1.58	5.9 1.90	6.3 1.88	6.8 1.65	4.1 1.34	5.0 1.55
100	4.4 1.60	5.1 1.60	5.0 1.69	4.8 1.67	4.9 1.53	7.0 2.19	5.5 2.15	5.8 1.73	7.0 2.08	7.5 2.07	7.9 1.80	5.0 1.47	6.0 1.69
200	5.4 1.54	6.3 1.52	6.2 1.62	5.9 1.60	6.0 1.47	8.7 2.10	6.7 2.06	7.1 1.66	8.7 1.99	9.3 1.98	9.3 1.74	6.1 1.40	7.4 1.64
Freq	7.6	9.0	8.0	8.0	6.3	10.1	5.3	6.2	9.3	12.2	10.8	7.2	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.9 1.22	2.2 1.24	2.2 1.30	2.1 1.24	2.3 1.25	3.1 1.68	2.5 1.61	2.7 1.41	3.2 1.61	3.4 1.59	3.6 1.45	2.1 1.13	2.7 1.35
25	2.6 1.29	3.0 1.32	2.9 1.37	2.8 1.31	3.1 1.32	4.2 1.78	3.3 1.71	3.5 1.49	4.2 1.71	4.5 1.68	4.7 1.51	2.8 1.19	3.6 1.41
50	3.2 1.39	3.6 1.43	3.6 1.49	3.4 1.42	3.8 1.43	5.0 1.93	4.0 1.85	4.3 1.62	5.1 1.85	5.5 1.82	5.7 1.58	3.4 1.29	4.3 1.51
100	3.9 1.58	4.5 1.62	4.3 1.69	4.1 1.62	4.6 1.63	6.1 2.20	4.8 2.11	5.3 1.84	6.2 2.11	6.7 2.07	6.8 1.74	4.2 1.46	5.3 1.69
200	4.7 1.52	5.4 1.56	5.3 1.63	5.0 1.56	5.7 1.57	7.4 2.12	5.9 2.03	6.4 1.77	7.6 2.03	8.1 1.99	8.0 1.73	5.2 1.41	6.4 1.66
Freq	7.8	8.9	8.0	7.7	6.9	9.4	5.4	6.6	9.7	12.0	10.4	7.3	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.1	213	3.6	92	3.1	61	2.5	29
25	5.6	270	4.3	141	3.9	104	3.2	62
50	6.0	323	4.9	189	4.5	147	3.9	97
100	6.5	423	5.8	285	5.4	219	4.7	146
200	7.2	602	7.2	560	6.6	420	5.7	270

Capo Bellavista

32° 56' 00" N 09° 43' 00" E UTM 32 E 567001 m N 3644179 m 138 m s.l.m.

La stazione é situata sull'omonimo Capo sulla costa O della Sardegna; é situata circa a 5 km ad E del villaggio di Tortoli. Il terreno ad O di Tortoli é montagnoso con cime alte piú di 1000 m. Da N a SE il capo é circondato dal mare aperto. A 5 km di distanza da O a N si estende il piatto delta del fiume Mirenu.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.00											2	-1
30	0.00											-1	-3
60	0.00											-6	-3
90	0.00											-8	1
120	0.00											-5	3
150	0.03	1000	0.00									1	2
180	0.03	2000	0.00									3	-1
210	0.05	4000	0.15									-2	-5
240	0.05	4000	0.15									-11	-4
270	0.05	5000	0.15									-14	1
300	0.00	3000	0.05	6000	0.15							-6	4
330	0.00	4000	0.15									1	3

Altezza dell'anemometro: 12.0 m s.l.s. Periodo: 60010100-69123121

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.7	287	85	84	83	68	46	50	46	38	59	51	44	32	27	5.4	1.11
30	7.8	210	106	98	112	72	54	53	48	40	74	48	30	29	26	5.5	1.15
60	6.4	305	139	146	117	82	44	46	38	18	29	20	6	6	5	3.4	1.03
90	6.6	314	224	183	117	58	32	19	9	4	16	12	3	4	5	2.5	0.92
120	8.2	238	174	182	170	79	41	36	24	15	19	12	5	2	1	3.3	1.17
150	7.7	272	177	139	127	72	54	41	37	20	33	13	10	3	1	3.4	1.09
180	8.8	225	156	133	121	88	67	59	50	29	38	21	8	5	0	4.0	1.22
210	7.5	245	138	145	149	91	59	49	34	27	37	16	6	2	0	3.7	1.24
240	5.3	323	118	133	117	63	52	44	39	26	50	23	8	3	2	3.5	1.06
270	11.6	171	120	151	157	99	62	47	37	21	49	29	23	16	19	4.3	1.03
300	17.1	124	99	151	169	119	79	61	45	28	48	34	20	10	12	4.8	1.16
330	7.2	247	92	101	112	89	73	48	44	30	55	33	32	19	27	4.9	1.07
Totali	100.0	228	133	140	136	87	58	48	38	25	43	27	17	11	11	4.0	1.03

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	5.1	5.0	4.5	3.5	2.9	2.1	2.2	2.4	2.9	3.8	4.3	5.4	3.7
3	5.1	5.1	4.9	3.5	3.0	2.3	2.3	2.4	2.9	4.0	4.3	5.3	3.8
6	5.0	5.2	4.8	3.2	2.4	1.8	1.8	2.3	2.7	3.9	4.2	5.2	3.5
9	4.6	4.9	4.8	3.4	3.1	2.7	2.7	2.6	2.7	3.6	3.5	4.7	3.6
12	4.8	5.6	5.9	4.4	3.8	3.5	3.7	3.8	4.1	4.6	4.4	5.2	4.5
15	5.4	5.7	6.2	4.6	4.0	3.2	3.7	3.8	4.4	4.6	4.7	5.2	4.6
18	4.8	5.4	5.2	4.0	3.3	2.9	3.0	3.4	3.8	3.9	4.0	5.4	4.1
21	5.3	4.9	4.7	3.4	2.7	2.4	2.3	2.7	3.0	3.6	4.1	5.6	3.7
Giorno	5.0	5.2	5.1	3.7	3.2	2.6	2.7	2.9	3.3	4.0	4.2	5.3	3.9

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.2	5.5	3.8	2.8	3.3	3.7	4.5	5.8	5.9	7.3	6.0	5.6	5.0
	1.10	1.14	1.01	0.93	1.13	1.09	1.20	1.40	1.19	1.08	1.24	1.20	1.06
25	5.7	6.0	4.2	3.1	3.7	4.1	4.9	6.4	6.5	7.9	6.6	6.2	5.5
	1.12	1.16	1.03	0.95	1.16	1.12	1.24	1.43	1.20	1.09	1.25	1.22	1.08
50	6.1	6.4	4.6	3.4	4.0	4.4	5.3	6.8	6.9	8.4	7.1	6.6	5.9
	1.14	1.19	1.06	0.98	1.19	1.15	1.27	1.47	1.23	1.10	1.28	1.24	1.10
100	6.5	6.9	4.9	3.6	4.3	4.8	5.7	7.3	7.4	8.9	7.5	7.0	6.3
	1.12	1.17	1.03	0.95	1.15	1.12	1.23	1.43	1.22	1.10	1.26	1.23	1.09
200	7.0	7.4	5.3	3.9	4.6	5.2	6.2	8.0	7.9	9.5	8.1	7.6	6.8
	1.09	1.13	0.98	0.90	1.10	1.06	1.17	1.37	1.19	1.09	1.23	1.19	1.07
Freq	5.3	7.2	6.9	7.2	8.3	7.4	7.7	7.2	6.3	12.4	16.3	7.8	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.5	3.5	2.3	1.9	2.3	2.5	3.1	4.0	4.4	5.0	4.1	3.9	3.4
	0.99	0.99	0.85	0.83	0.98	0.94	1.04	1.20	1.07	1.03	1.14	1.08	0.97
25	4.3	4.3	2.8	2.3	2.8	3.1	3.8	4.8	5.2	5.9	4.8	4.6	4.1
	1.04	1.04	0.91	0.89	1.04	1.01	1.12	1.26	1.10	1.04	1.19	1.11	1.01
50	4.9	4.9	3.5	2.8	3.3	3.8	4.5	5.6	5.8	6.6	5.6	5.3	4.8
	1.11	1.11	1.01	0.99	1.16	1.12	1.24	1.37	1.13	1.06	1.27	1.17	1.06
100	5.8	5.8	4.2	3.4	4.0	4.6	5.4	6.6	6.7	7.4	6.5	6.2	5.6
	1.19	1.18	1.07	1.04	1.24	1.19	1.32	1.46	1.21	1.10	1.36	1.26	1.13
200	6.8	6.8	5.2	4.2	4.9	5.6	6.7	7.9	7.6	8.2	7.6	7.1	6.6
	1.15	1.15	1.02	1.00	1.18	1.14	1.26	1.41	1.18	1.10	1.32	1.22	1.13
Freq	5.4	7.4	7.0	7.5	8.2	7.3	7.5	7.0	6.9	14.1	15.3	6.4	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.1	3.0	2.0	1.6	2.0	2.3	2.7	3.6	3.9	4.3	3.6	3.4	3.0
	1.00	0.98	0.85	0.84	0.98	0.95	1.03	1.20	1.06	1.04	1.16	1.09	0.97
25	3.8	3.7	2.5	2.1	2.5	2.9	3.4	4.4	4.7	5.2	4.4	4.2	3.7
	1.04	1.02	0.90	0.89	1.04	1.01	1.10	1.25	1.08	1.06	1.21	1.12	1.01
50	4.5	4.4	3.1	2.6	3.1	3.5	4.1	5.2	5.4	6.0	5.2	4.9	4.4
	1.10	1.08	0.98	0.98	1.13	1.12	1.20	1.34	1.11	1.08	1.28	1.18	1.06
100	5.4	5.2	3.8	3.2	3.8	4.3	5.0	6.1	6.3	6.8	6.1	5.8	5.2
	1.20	1.17	1.07	1.06	1.24	1.22	1.31	1.47	1.17	1.11	1.40	1.28	1.13
200	6.3	6.1	4.6	3.8	4.6	5.2	6.1	7.3	7.1	7.7	7.2	6.7	6.2
	1.16	1.14	1.03	1.02	1.19	1.17	1.26	1.42	1.17	1.12	1.35	1.24	1.14
Freq	5.7	7.3	7.0	7.6	8.1	7.3	7.5	6.9	7.5	14.4	14.4	6.3	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.5	2.3	1.5	1.4	1.6	1.8	2.2	2.8	3.2	3.3	2.9	2.7	2.4
	1.01	0.97	0.84	0.89	0.96	0.97	1.05	1.18	1.07	1.05	1.17	1.11	0.99
25	3.3	3.0	2.0	1.9	2.1	2.5	3.0	3.7	4.2	4.3	3.8	3.6	3.2
	1.05	1.00	0.88	0.94	1.01	1.02	1.10	1.23	1.09	1.06	1.21	1.14	1.01
50	4.0	3.7	2.5	2.3	2.6	3.0	3.7	4.4	4.9	5.1	4.5	4.3	3.8
	1.10	1.06	0.95	1.01	1.09	1.10	1.19	1.29	1.11	1.08	1.27	1.19	1.06
100	4.8	4.5	3.2	3.0	3.3	3.8	4.6	5.3	5.8	5.9	5.4	5.2	4.6
	1.20	1.16	1.06	1.13	1.23	1.24	1.35	1.41	1.15	1.12	1.37	1.27	1.13
200	5.7	5.3	3.8	3.6	4.0	4.6	5.5	6.4	6.7	6.8	6.4	6.1	5.5
	1.19	1.15	1.03	1.10	1.19	1.20	1.30	1.40	1.18	1.14	1.37	1.28	1.15
Freq	5.9	7.3	7.1	7.7	7.9	7.4	7.3	6.8	8.3	14.9	13.1	6.1	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.9	376	3.5	167	3.0	110	2.4	52
25	5.3	471	4.1	251	3.7	183	3.1	109
50	5.7	551	4.7	324	4.3	250	3.7	167
100	6.1	686	5.4	423	5.0	336	4.4	236
200	6.6	913	6.4	708	5.9	552	5.2	380

Capo Palinuro

40° 01' 00" N 15° 17' 00" E UTM 33 E 524180 m N 4429721 m 184 m s.l.m.

La stazione é collocata su Capo Palinuro, situato nella parte sud della Campania circa ad 1 km a S del villaggio omonimo. Il terreno ad E é montagnoso e con folta vegetazione. Il Capo é orientato E-O e l'anemometro é situato sulla costa S a 184 m s.l.m. La costa a S é a picco sul mare mentre scende piú gradualmente verso N.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.05	900	0.01									28	-8
30	0.05	1000	0.15									24	3
60	0.05	1000	0.15									44	10
90	0.05	700	0.00									55	6
120	0.05	400	0.00									58	-2
150	0.05	300	0.00									43	-8
180	0.00											21	-6
210	0.00											16	3
240	0.01	600	0.00									34	9
270	0.05	1200	0.00									59	6
300	0.05	1500	0.00									66	-2
330	0.05	800	0.00									46	-8

Altezza dell'anemometro: 24.0 m s.l.s. Periodo: 60010100-69123121

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	14.8	152	157	203	186	100	54	51	33	15	25	15	4	4	1	3.7	1.26
30	12.6	187	197	243	166	66	41	33	28	9	16	9	2	2	1	3.1	1.18
60	7.5	299	180	184	136	64	38	35	26	15	16	5	2	0	0	2.9	1.19
90	4.2	482	126	121	106	57	34	30	18	7	10	8	2	0	0	2.2	0.99
120	7.8	273	125	157	141	81	57	42	35	19	35	23	7	3	1	3.6	1.14
150	12.6	167	111	163	169	105	72	52	49	27	43	24	10	6	1	4.2	1.24
180	12.0	200	174	232	167	74	51	33	19	9	20	10	6	4	3	3.2	1.10
210	5.8	370	176	173	109	48	32	19	21	9	22	8	9	1	3	2.5	0.94
240	3.4	567	115	98	59	39	29	30	24	7	13	8	8	3	0	1.7	0.78
270	3.6	558	86	95	59	34	42	29	45	21	18	11	0	3	0	2.0	0.84
300	4.7	430	107	113	128	59	42	36	25	16	28	10	4	1	1	2.8	1.03
330	11.1	191	99	155	164	91	70	61	54	30	43	24	9	5	4	4.2	1.22
Tbtali	100.0	257	144	179	150	77	51	41	33	16	26	14	6	3	2	3.4	1.14

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.5	3.5	3.0	2.1	2.0	1.7	1.8	2.0	2.1	2.7	3.9	4.5	2.7
3	3.7	3.5	3.1	2.7	2.2	1.9	1.7	2.0	2.1	2.8	4.0	4.5	2.9
6	3.6	3.9	3.2	2.3	2.1	1.6	1.4	1.7	2.1	3.0	3.9	4.3	2.7
9	3.3	3.4	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.4	2.6	2.9	4.0	4.3	3.1
12	3.8	4.1	3.8	3.3	2.9	2.8	2.9	2.9	3.1	3.4	4.5	4.3	3.5
15	4.2	4.1	3.8	3.4	3.1	3.0	3.4	3.7	3.2	3.1	4.3	4.6	3.7
18	3.8	4.1	3.9	3.0	2.9	2.8	3.3	3.4	3.1	2.8	3.8	4.0	3.4
21	3.6	3.6	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	2.7	3.9	4.4	2.7
Giorno	3.7	3.8	3.3	2.7	2.5	2.3	2.4	2.5	2.5	2.9	4.0	4.4	3.1

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	3.5 1.36	3.4 1.31	2.8 1.31	1.6 0.99	2.0 1.10	2.7 1.25	2.6 1.12	2.1 0.96	1.4 0.81	1.3 0.84	1.7 0.99	2.8 1.22	2.7 1.15
25	3.8 1.40	3.7 1.35	3.1 1.35	1.8 1.01	2.3 1.13	3.0 1.28	2.9 1.15	2.3 0.99	1.5 0.83	1.5 0.86	1.9 1.01	3.1 1.25	2.9 1.18
50	4.1 1.44	4.0 1.38	3.4 1.38	1.9 1.04	2.4 1.16	3.3 1.32	3.1 1.18	2.5 1.01	1.7 0.85	1.6 0.88	2.0 1.04	3.3 1.28	3.2 1.21
100	4.4 1.40	4.3 1.34	3.6 1.34	2.0 1.01	2.6 1.12	3.5 1.27	3.4 1.15	2.7 0.98	1.8 0.83	1.7 0.86	2.2 1.01	3.6 1.24	3.4 1.17
200	4.9 1.32	4.8 1.27	4.0 1.27	2.2 0.96	2.8 1.07	3.8 1.21	3.7 1.09	2.9 0.94	1.9 0.79	1.8 0.82	2.4 0.96	3.9 1.18	3.7 1.12
Freq	15.8	15.3	7.9	3.9	5.8	10.4	13.9	7.8	4.0	3.1	3.5	8.5	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	2.4 1.18	2.3 1.14	1.7 1.06	1.1 0.89	1.5 0.99	1.7 0.99	1.7 0.92	1.3 0.80	0.8 0.70	0.9 0.77	1.4 0.92	1.9 1.02	1.8 0.99
25	2.9 1.27	2.9 1.23	2.1 1.14	1.4 0.95	1.9 1.06	2.1 1.07	2.1 0.99	1.6 0.85	1.0 0.74	1.2 0.83	1.7 0.98	2.4 1.09	2.2 1.06
50	3.5 1.42	3.4 1.37	2.5 1.27	1.7 1.06	2.3 1.18	2.6 1.19	2.5 1.10	1.9 0.94	1.3 0.82	1.5 0.91	2.1 1.09	2.8 1.22	2.6 1.17
100	4.2 1.51	4.1 1.46	3.0 1.36	2.0 1.12	2.7 1.25	3.1 1.26	3.0 1.17	2.4 0.99	1.6 0.86	1.8 0.96	2.5 1.15	3.4 1.29	3.2 1.24
200	5.2 1.44	5.0 1.40	3.7 1.30	2.5 1.08	3.3 1.20	3.8 1.21	3.7 1.12	2.9 0.95	1.9 0.83	2.2 0.92	3.1 1.10	4.2 1.24	3.9 1.19
Freq	16.2	14.0	6.4	4.0	6.9	11.4	13.1	6.5	3.5	3.1	4.6	10.1	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	2.0 1.14	2.0 1.10	1.5 1.08	1.0 0.92	1.4 1.04	1.6 1.03	1.5 0.94	1.1 0.80	0.7 0.70	0.9 0.79	1.3 0.96	1.7 1.02	1.6 0.99
25	2.6 1.22	2.5 1.17	1.9 1.15	1.3 0.98	1.8 1.10	2.0 1.10	1.9 1.00	1.4 0.85	0.9 0.74	1.1 0.84	1.7 1.02	2.2 1.09	2.0 1.05
50	3.1 1.34	3.0 1.29	2.3 1.26	1.6 1.07	2.2 1.21	2.4 1.21	2.3 1.10	1.8 0.92	1.2 0.81	1.4 0.91	2.1 1.12	2.6 1.20	2.4 1.15
100	3.7 1.47	3.6 1.41	2.8 1.38	2.0 1.17	2.7 1.33	2.9 1.31	2.8 1.20	2.2 1.00	1.5 0.88	1.7 0.99	2.5 1.23	3.2 1.31	2.9 1.25
200	4.6 1.41	4.4 1.35	3.4 1.33	2.4 1.12	3.2 1.27	3.6 1.26	3.4 1.15	2.7 0.97	1.8 0.85	2.1 0.95	3.1 1.18	3.9 1.26	3.6 1.21
Freq	16.1	13.2	6.1	4.3	7.4	11.8	12.3	6.2	3.4	3.2	5.1	10.9	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	1.7 1.19	1.6 1.16	1.2 1.07	0.8 0.90	1.2 1.07	1.3 1.08	1.2 0.98	0.9 0.79	0.6 0.74	0.7 0.81	1.2 1.02	1.5 1.09	1.3 1.03
25	2.2 1.26	2.2 1.23	1.6 1.13	1.1 0.95	1.6 1.13	1.8 1.14	1.7 1.03	1.2 0.83	0.9 0.77	1.0 0.85	1.6 1.08	2.0 1.15	1.7 1.08
50	2.8 1.36	2.7 1.33	1.9 1.23	1.4 1.02	2.0 1.23	2.2 1.24	2.1 1.12	1.5 0.88	1.1 0.83	1.2 0.91	1.9 1.16	2.4 1.24	2.1 1.17
100	3.4 1.54	3.3 1.50	2.4 1.38	1.7 1.15	2.5 1.38	2.7 1.40	2.6 1.26	1.9 0.99	1.4 0.93	1.5 1.02	2.4 1.31	3.0 1.41	2.7 1.31
200	4.1 1.49	4.0 1.45	2.9 1.34	2.1 1.11	3.0 1.34	3.3 1.35	3.1 1.22	2.3 0.96	1.7 0.90	1.9 0.99	2.9 1.27	3.7 1.36	3.2 1.27
Freq	15.9	12.1	5.6	4.7	8.1	12.3	11.3	5.6	3.3	3.3	5.9	12.0	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	2.5	43	1.8	21	1.6	14	1.3	7
25	2.8	53	2.1	31	1.9	23	1.7	14
50	3.0	64	2.5	39	2.3	31	2.0	21
100	3.2	86	3.0	59	2.7	45	2.5	30
200	3.6	129	3.7	124	3.4	91	3.0	59

39° 09' 00" N	08° 14' 00" E	UTM 32	E 433750 m	N 4333775 m	100 m s.l.m.
---------------	---------------	--------	------------	-------------	--------------

La stazione é situata nel punto piú elevato (circa 100 m) dell'estremitá occidentale dell'isola di S. Pietro (Sardegna sud occidentale). Il terreno intorno alla stazione é roccioso e coperto da vegetazione Mediterranea. Nei settori NE-SE sono presenti alcune creste montagnose.

[illegible]

Periodo: 81021712-86012603

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	<i>A</i>	<i>k</i>
0	16.9	19	32	75	94	125	111	115	96	67	113	60	33	34	28	7.8	1.57
30	8.2	33	78	106	101	80	72	61	59	50	74	46	23	42	174	8.8	1.13
60	5.0	57	87	116	148	114	87	68	62	19	13	14	12	39	162	5.9	0.90
90	4.6	56	71	102	89	151	100	112	99	65	63	37	28	9	20	6.7	1.56
120	9.0	29	46	49	75	80	70	78	83	62	124	105	109	51	40	9.6	1.99
150	10.0	15	55	89	93	97	117	100	85	89	120	65	21	23	33	7.8	1.64
180	6.7	41	78	101	101	104	139	81	76	48	96	47	33	29	23	6.8	1.44
210	3.0	43	109	218	186	130	85	60	53	30	45	21	11	10	0	4.6	1.33
240	2.7	95	135	167	135	121	86	91	57	40	43	14	12	4	0	4.8	1.53
270	4.6	69	153	161	135	85	106	72	75	39	55	36	13	2	0	5.2	1.52
300	8.2	45	68	114	98	88	79	67	69	71	90	93	43	28	47	8.0	1.51
330	21.3	21	39	60	80	82	81	85	80	68	114	85	70	42	93	9.6	1.58
Total	100.0	33	62	92	99	100	94	86	79	61	95	64	43	32	60	7.9	1.38

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	11.7	7.1	7.2	6.2	5.3	6.0	5.2	5.9	6.1	6.9	9.2	11.1	7.3
3	11.7	7.1	7.2	6.0	5.8	6.6	5.8	5.8	6.3	6.8	9.4	11.5	7.5
6	11.8	6.6	7.2	6.2	5.8	6.0	5.4	5.8	6.2	6.8	9.2	11.3	7.4
9	11.5	6.3	7.0	6.6	5.8	5.9	5.1	5.7	5.9	6.1	8.9	9.7	7.1
12	11.3	6.4	7.0	7.2	6.2	6.4	5.8	6.0	6.2	6.3	9.2	10.0	7.4
15	11.5	6.8	7.5	7.1	6.2	6.5	5.9	6.5	6.5	6.7	9.7	10.5	7.7
18	11.1	6.6	7.3	7.0	5.4	6.3	5.9	6.8	6.3	6.8	9.5	10.6	7.5
21	11.4	6.9	7.3	6.3	5.3	6.0	5.6	6.6	6.2	6.3	9.3	11.0	7.4
Giorno	11.5	6.7	7.2	6.6	5.7	6.2	5.6	6.1	6.2	6.6	9.3	10.7	7.4

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	6.3 1.51	7.6 1.11	7.0 0.98	6.9 1.51	8.6 2.22	5.8 1.63	5.5 1.48	4.2 1.32	3.8 1.48	3.8 1.41	5.3 1.48	6.8 1.56	6.2 1.26
25	6.9 1.56	8.3 1.12	7.6 0.98	7.5 1.54	9.4 2.28	6.3 1.68	6.1 1.52	4.7 1.36	4.2 1.53	4.2 1.45	5.9 1.52	7.4 1.61	6.8 1.28
50	7.4 1.60	8.8 1.12	8.1 0.99	8.1 1.58	10.0 2.35	6.8 1.72	6.5 1.56	5.0 1.40	4.5 1.57	4.6 1.49	6.3 1.56	8.0 1.65	7.3 1.31
100	8.1 1.55	9.3 1.13	8.6 0.99	8.6 1.55	10.8 2.28	7.4 1.67	7.1 1.52	5.4 1.35	4.9 1.52	4.9 1.44	6.8 1.52	8.6 1.60	7.9 1.30
200	8.9 1.47	9.9 1.12	9.1 0.99	9.3 1.49	11.9 2.18	8.1 1.58	7.7 1.44	5.9 1.28	5.4 1.44	5.4 1.37	7.5 1.44	9.4 1.52	8.6 1.29
Freq	18.9	10.7	5.8	4.7	7.2	8.9	7.8	4.1	3.2	4.3	6.8	17.7	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.4 1.23	5.7 1.06	4.9 0.94	5.0 1.57	5.6 1.77	3.9 1.38	3.7 1.25	2.7 1.13	2.6 1.26	2.8 1.17	4.0 1.27	4.6 1.33	4.3 1.14
25	5.3 1.30	6.7 1.08	5.7 0.95	6.0 1.69	6.7 1.90	4.7 1.48	4.5 1.35	3.3 1.22	3.1 1.35	3.4 1.25	4.8 1.36	5.5 1.43	5.1 1.19
50	6.2 1.42	7.4 1.10	6.4 0.97	6.9 1.88	7.7 2.11	5.5 1.66	5.3 1.51	3.9 1.36	3.7 1.51	4.1 1.40	5.6 1.52	6.5 1.59	6.0 1.28
100	7.3 1.52	8.3 1.13	7.1 0.99	8.2 2.01	9.1 2.25	6.5 1.77	6.3 1.60	4.7 1.44	4.4 1.61	4.8 1.49	6.7 1.62	7.7 1.69	7.1 1.37
200	8.8 1.46	9.3 1.13	7.9 0.99	10.2 1.92	11.2 2.15	8.1 1.69	7.8 1.53	5.8 1.38	5.5 1.54	6.0 1.42	8.3 1.55	9.5 1.62	8.6 1.40
Freq	17.3	9.2	5.3	5.1	7.8	8.8	7.1	3.7	3.4	4.8	8.9	18.6	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.9 1.18	5.0 1.06	4.2 0.95	4.4 1.59	4.7 1.74	3.4 1.37	3.2 1.24	2.4 1.18	2.3 1.25	2.6 1.18	3.5 1.27	3.9 1.31	3.7 1.14
25	4.8 1.23	6.0 1.08	5.1 0.96	5.5 1.70	5.9 1.86	4.2 1.46	4.0 1.32	3.0 1.25	2.8 1.33	3.2 1.25	4.4 1.36	4.9 1.39	4.6 1.19
50	5.6 1.31	6.8 1.09	5.8 0.98	6.4 1.87	6.9 2.05	5.0 1.61	4.8 1.46	3.6 1.38	3.4 1.47	3.8 1.38	5.3 1.50	5.8 1.52	5.4 1.26
100	6.6 1.44	7.8 1.12	6.6 0.99	7.7 2.05	8.2 2.25	6.0 1.77	5.7 1.60	4.4 1.51	4.1 1.61	4.6 1.51	6.3 1.64	6.9 1.67	6.5 1.36
200	7.8 1.39	8.7 1.14	7.4 1.01	9.4 1.96	10.0 2.16	7.3 1.69	7.0 1.52	5.3 1.45	5.0 1.54	5.7 1.45	7.8 1.57	8.5 1.60	7.8 1.38
Freq	16.5	8.8	5.3	5.3	8.0	8.6	6.7	3.6	3.5	5.1	9.9	18.6	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.2 1.18	3.9 1.06	3.4 0.99	3.6 1.67	3.6 1.69	2.7 1.38	2.5 1.26	1.8 1.15	1.8 1.24	2.1 1.18	2.8 1.27	3.1 1.31	3.0 1.15
25	4.2 1.21	5.1 1.07	4.3 0.99	4.8 1.77	4.7 1.79	3.5 1.46	3.3 1.33	2.5 1.21	2.4 1.31	2.8 1.25	3.8 1.35	4.1 1.39	3.9 1.19
50	5.0 1.27	5.9 1.08	5.1 1.01	5.8 1.91	5.7 1.95	4.3 1.58	4.1 1.45	3.0 1.31	2.9 1.42	3.5 1.35	4.6 1.46	5.0 1.50	4.7 1.26
100	6.0 1.37	6.9 1.11	5.9 1.02	6.9 2.17	6.9 2.22	5.3 1.80	5.0 1.64	3.7 1.48	3.6 1.62	4.2 1.53	5.7 1.66	6.1 1.70	5.7 1.36
200	7.1 1.37	7.9 1.14	6.8 1.05	8.4 2.10	8.4 2.14	6.4 1.74	6.1 1.58	4.5 1.43	4.4 1.56	5.2 1.48	6.9 1.60	7.4 1.64	6.9 1.40
Freq	15.3	8.3	5.2	5.6	8.2	8.5	6.2	3.5	3.7	5.4	11.4	18.7	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.8	427	4.1	184	3.6	122	2.8	58
25	6.3	541	4.8	281	4.4	206	3.7	122
50	6.7	639	5.5	369	5.1	287	4.4	190
100	7.3	805	6.5	519	5.9	405	5.2	280
200	8.0	1079	7.8	897	7.1	688	6.3	465

Cirras

39° 49' 00" N 08° 34' 00" E UTM 32 E 462910 m N 4407574 m 5 m s.l.m.

La stazione é situata nel Golfo di Oristano nella parte SO della Sardegna a circa 3 km a S dalle strutture portuali. Attorno all'anemometro il terreno é aperto e pianeggiante. Il traliccio (30 m) é circondato da dune di sabbia, da bassi edifici e da materiali per l'edifizia. A circa 1 km, lungo la costa, si trovano file di villette a schiera.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.10	1000	0.07	2000	0.05							1	1
30	0.03	1000	0.00									1	
60	0.03	600	0.00	3000	0.03							-1	-2
90	0.02	600	0.01	1200	0.05							-3	-1
120	0.03											-4	1
150	0.03											-1	2
180	0.05											1	1
210	0.10	2000	0.00									2	
240	0.10	1500	0.00										-1
270	0.10	1500	0.00									-3	-1
300	0.20	1600	0.00									-3	
330	0.10											-1	2

Altezza dell'anemometro: 30.0 m s.l.s. Periodo: 80062112-85100512

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.4	94	72	76	114	101	81	72	86	65	83	59	35	16	45	7.3	1.36
30	5.1	146	171	117	115	90	77	77	45	44	49	29	12	9	20	4.9	1.14
60	10.3	115	167	166	174	99	82	49	50	24	43	17	6	8	1	4.1	1.24
90	8.5	173	262	228	123	62	33	40	23	14	24	8	7	2	1	2.8	1.02
120	6.9	170	255	201	95	72	38	37	23	31	41	21	8	5	3	3.1	0.98
150	8.6	85	148	117	105	80	70	65	82	60	106	51	27	5	1	6.1	1.59
180	5.5	95	115	141	163	105	112	64	49	41	48	21	20	10	16	5.2	1.25
210	3.7	69	115	102	106	135	99	111	84	67	59	31	16	4	3	5.9	1.76
240	5.3	102	97	151	129	98	82	68	60	57	63	47	29	15	2	5.6	1.40
270	10.1	79	117	130	138	152	116	88	50	29	54	26	13	5	3	5.2	1.51
300	13.9	56	75	94	105	127	137	100	73	51	77	41	27	21	16	6.4	1.47
330	14.6	38	47	78	90	88	104	106	95	81	107	64	49	26	26	7.9	1.72
Totali	100.0	95	129	129	120	101	90	75	63	48	67	37	23	12	12	5.6	1.34

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	6.0	5.9	4.8	3.9	4.0	3.3	2.7	3.0	3.4	4.8	4.6	6.6	4.3
3	5.9	5.3	5.0	4.2	3.7	3.4	2.9	3.0	3.0	4.4	4.4	6.2	4.2
6	6.0	5.7	4.6	4.4	4.5	3.1	3.0	3.2	3.1	4.6	4.9	6.2	4.3
9	5.9	5.5	4.4	4.7	5.3	4.6	4.1	4.0	3.5	4.8	4.5	5.8	4.7
12	7.3	6.3	6.1	6.4	6.6	6.7	6.1	6.3	5.9	6.2	4.9	7.0	6.3
15	7.5	7.5	6.9	6.5	6.3	6.6	6.3	6.6	6.2	6.6	5.2	7.1	6.6
18	6.7	6.4	5.8	5.5	5.1	5.4	5.1	5.5	4.8	5.5	4.8	6.1	5.5
21	6.3	6.5	4.8	4.3	4.2	3.9	3.4	3.7	3.5	5.0	4.6	6.8	4.7
Giorno	6.5	6.2	5.3	5.0	5.0	4.6	4.2	4.4	4.2	5.2	4.7	6.5	5.1

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	9.3	5.2	4.3	3.8	3.9	6.7	6.4	6.1	5.8	5.5	7.0	9.9	6.4
	1.51	1.09	1.30	1.18	1.06	1.57	1.39	1.52	1.39	1.43	1.44	1.73	1.29
25	10.1	5.7	4.7	4.2	4.3	7.3	7.0	6.7	6.4	6.0	7.7	10.8	7.0
	1.53	1.11	1.34	1.22	1.09	1.61	1.42	1.57	1.44	1.47	1.47	1.75	1.31
50	10.8	6.2	5.1	4.5	4.6	7.9	7.5	7.2	6.9	6.5	8.2	11.5	7.5
	1.55	1.14	1.38	1.24	1.12	1.65	1.46	1.61	1.47	1.51	1.51	1.78	1.34
100	11.5	6.6	5.5	4.9	4.9	8.5	8.0	7.8	7.4	7.0	8.8	12.2	8.0
	1.55	1.12	1.33	1.21	1.09	1.61	1.42	1.56	1.43	1.46	1.48	1.77	1.33
200	12.3	7.1	6.0	5.3	5.4	9.3	8.7	8.5	8.1	7.7	9.6	13.1	8.7
	1.52	1.08	1.27	1.15	1.04	1.54	1.37	1.48	1.35	1.39	1.43	1.73	1.30
Freq	8.3	5.3	9.1	9.0	7.6	8.4	5.8	3.9	4.9	9.4	13.8	14.4	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	6.1	2.8	2.8	2.5	2.8	4.9	4.3	4.1	3.7	3.8	5.1	7.4	4.4
	1.29	0.94	1.10	0.98	0.95	1.44	1.19	1.37	1.14	1.20	1.28	1.65	1.16
25	7.2	3.5	3.4	3.0	3.5	5.9	5.2	5.0	4.6	4.6	6.0	8.6	5.2
	1.32	1.00	1.18	1.05	1.01	1.53	1.25	1.47	1.23	1.29	1.34	1.69	1.21
50	8.1	4.2	4.1	3.6	4.1	6.8	5.9	5.8	5.4	5.4	6.9	9.7	6.0
	1.36	1.12	1.31	1.17	1.12	1.69	1.35	1.65	1.37	1.44	1.43	1.75	1.29
100	9.1	5.1	4.9	4.4	4.9	8.0	6.9	7.0	6.5	6.5	8.0	10.9	7.1
	1.44	1.18	1.40	1.24	1.19	1.81	1.44	1.76	1.46	1.53	1.53	1.87	1.38
200	10.2	6.3	6.0	5.4	6.0	9.8	8.2	8.6	8.0	8.0	9.4	12.4	8.4
	1.42	1.13	1.33	1.19	1.14	1.73	1.39	1.68	1.39	1.46	1.48	1.83	1.38
Freq	7.1	5.3	9.8	8.8	7.4	8.3	5.2	3.7	5.6	10.5	14.4	14.0	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.2	2.5	2.5	2.2	2.6	4.3	3.8	3.6	3.3	3.4	4.6	6.4	3.8
	1.27	0.95	1.15	0.98	0.99	1.42	1.22	1.36	1.16	1.21	1.31	1.64	1.17
25	6.3	3.1	3.2	2.8	3.3	5.3	4.7	4.5	4.1	4.3	5.7	7.8	4.7
	1.29	1.01	1.22	1.04	1.05	1.50	1.27	1.46	1.24	1.29	1.36	1.67	1.22
50	7.2	3.8	3.8	3.3	4.0	6.2	5.5	5.3	4.9	5.1	6.6	8.9	5.5
	1.33	1.11	1.35	1.15	1.14	1.63	1.36	1.61	1.37	1.42	1.44	1.73	1.29
100	8.2	4.7	4.6	4.1	4.8	7.3	6.5	6.4	5.9	6.2	7.7	10.1	6.6
	1.40	1.21	1.48	1.25	1.24	1.79	1.49	1.76	1.49	1.56	1.57	1.84	1.39
200	9.3	5.7	5.7	5.0	5.8	8.8	7.7	7.8	7.3	7.6	9.0	11.5	7.8
	1.40	1.16	1.41	1.20	1.20	1.72	1.44	1.69	1.43	1.50	1.52	1.83	1.39
Freq	6.9	5.8	9.7	8.6	7.4	8.0	5.0	3.9	6.1	10.9	14.3	13.4	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.9	1.9	1.9	1.7	2.3	3.3	3.0	2.8	2.6	2.8	3.8	5.0	3.0
	1.24	0.95	1.07	0.96	1.07	1.41	1.26	1.31	1.18	1.20	1.34	1.63	1.17
25	5.0	2.5	2.5	2.3	3.1	4.4	4.0	3.7	3.4	3.7	4.9	6.5	3.9
	1.26	1.00	1.13	1.01	1.12	1.48	1.31	1.38	1.25	1.27	1.38	1.66	1.21
50	5.9	3.1	3.1	2.8	3.8	5.3	4.8	4.5	4.2	4.6	5.9	7.7	4.8
	1.29	1.08	1.23	1.09	1.20	1.58	1.39	1.50	1.35	1.37	1.44	1.71	1.27
100	6.9	3.9	3.8	3.5	4.7	6.4	5.8	5.5	5.2	5.6	7.0	8.9	5.8
	1.34	1.21	1.38	1.23	1.35	1.77	1.54	1.71	1.53	1.56	1.54	1.79	1.37
200	8.1	4.8	4.6	4.3	5.6	7.7	7.0	6.7	6.3	6.8	8.3	10.3	6.9
	1.37	1.17	1.34	1.19	1.31	1.73	1.52	1.64	1.48	1.50	1.55	1.83	1.39
Freq	6.7	6.6	9.6	8.4	7.5	7.6	4.8	4.1	6.8	11.4	14.2	12.5	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.9	431	4.1	186	3.6	122	2.8	59
25	6.4	543	4.9	283	4.4	207	3.7	122
50	6.9	640	5.6	370	5.1	287	4.4	191
100	7.4	808	6.5	508	6.0	400	5.3	278
200	8.0	1080	7.7	874	7.1	678	6.3	463

Fiume Santo

40° 51' 00" N 08° 18' 00" E UTM 32 E 440992 m N 4522420 m 50 m s.l.m.

La stazione é situata a 4 km dalla costa nord occidentale della Sardegna ed a 10 km ad O della città di Porto Torres. Il terreno é generalmente pianeggiante con vegetazione bassa; una regione collinare si estende a 2-3 km nei settori SE-SO con quota massima di circa 300 m. L'anemometro é situato in un campo di generatori eolici dell'ENEL.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.05	3000	0.00										
30	0.05	2000	0.00										
60	0.05	2500	0.00										
90	0.05	5000	0.01										
120	0.05												
150	0.05												
180	0.05												
210	0.05	17000	0.00										
240	0.05	12000	0.00										
270	0.05	8000	0.00										
300	0.05	7000	0.00										
330	0.05	5000	0.01										

Altezza dell'anemometro: 15.0 m s.l.s. Periodo: 81112615-85071106

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	1.5	337	117	89	160	135	58	24	6	36	7	15	8	7	0	3.6	1.26
30	6.4	50	79	177	271	200	99	49	17	6	20	16	12	3	0	4.4	1.50
60	11.1	35	43	146	157	160	90	67	71	62	84	51	29	2	2	6.0	1.58
90	7.3	73	117	123	132	93	105	76	61	70	82	35	33	3	0	5.9	1.61
120	4.4	149	220	245	142	114	72	25	5	11	14	3	0	0	0	3.1	1.46
150	5.3	118	274	302	153	74	21	24	15	13	5	0	0	0	0	2.9	1.49
180	8.9	60	153	315	249	69	48	34	21	26	19	4	1	0	0	3.5	1.42
210	14.2	41	107	151	195	178	98	57	57	39	53	14	8	1	0	4.9	1.60
240	10.2	87	148	147	124	125	103	86	55	42	51	21	8	2	0	5.0	1.60
270	14.7	42	61	81	89	131	143	129	98	80	83	42	15	8	0	6.7	2.09
300	12.8	25	73	70	92	106	115	83	83	61	119	69	47	31	26	7.8	1.68
330	3.1	75	97	162	92	103	78	78	67	40	85	53	36	23	11	6.3	1.43
Totali	100.0	62	110	155	152	129	96	71	57	47	62	31	18	7	4	5.3	1.42

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	5.7	5.1	5.2	4.2	3.5	3.1	2.4	2.6	3.6	3.9	4.9	6.5	4.2
3	5.7	5.2	5.5	4.9	3.9	3.5	2.5	2.9	3.7	3.7	5.1	6.1	4.4
6	5.9	5.5	5.4	4.8	3.9	3.6	2.8	2.9	3.9	3.9	5.0	6.1	4.5
9	6.3	5.7	6.0	4.8	4.9	4.9	3.7	4.3	5.2	4.6	5.5	6.8	5.3
12	7.0	6.1	6.6	5.0	6.0	5.7	4.9	5.8	6.0	5.6	6.4	7.4	6.1
15	6.4	6.0	6.5	4.7	6.0	5.6	4.9	6.2	6.2	5.6	6.3	6.6	6.0
18	5.6	5.5	5.6	4.3	4.9	4.4	3.4	4.3	4.6	4.3	5.3	6.1	4.9
21	5.4	5.4	4.9	3.9	3.4	2.9	2.3	2.8	3.8	3.7	4.8	6.3	4.1
Giorno	6.0	5.5	5.7	4.6	4.6	4.2	3.4	4.0	4.6	4.4	5.4	6.5	4.9

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.9	5.2	6.7	7.8	5.2	4.1	4.8	6.3	6.3	8.2	9.4	9.0	6.8
	1.12	1.51	1.49	1.79	1.51	1.73	1.63	1.64	1.56	1.99	1.65	1.65	1.50
25	5.4	5.7	7.4	8.6	5.7	4.5	5.3	6.9	6.9	8.9	10.2	9.9	7.5
	1.15	1.56	1.53	1.83	1.56	1.78	1.68	1.70	1.61	2.05	1.67	1.67	1.53
50	5.8	6.1	7.9	9.2	6.1	4.8	5.7	7.4	7.4	9.6	10.9	10.5	8.0
	1.18	1.60	1.58	1.88	1.60	1.82	1.73	1.74	1.65	2.10	1.70	1.71	1.57
100	6.3	6.6	8.5	9.9	6.6	5.2	6.1	8.0	8.1	10.4	11.6	11.2	8.6
	1.15	1.55	1.53	1.84	1.54	1.77	1.67	1.69	1.60	2.05	1.69	1.69	1.55
200	6.8	7.2	9.3	10.8	7.3	5.8	6.7	8.8	8.8	11.4	12.5	12.0	9.4
	1.11	1.47	1.47	1.77	1.47	1.67	1.58	1.60	1.52	1.95	1.65	1.65	1.51
Freq	1.8	5.6	10.4	7.9	4.8	5.1	8.3	13.4	10.9	14.0	13.2	4.7	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.1	3.6	4.8	5.5	3.0	2.9	3.5	4.5	4.5	5.9	6.9	5.8	4.7
	1.15	1.23	1.34	1.54	1.42	1.45	1.38	1.44	1.35	1.72	1.51	1.38	1.33
25	3.8	4.3	5.8	6.5	3.7	3.5	4.2	5.4	5.4	7.0	8.1	6.8	5.7
	1.23	1.31	1.42	1.62	1.53	1.56	1.49	1.55	1.46	1.83	1.56	1.43	1.40
50	4.5	5.1	6.7	7.4	4.3	4.0	4.9	6.3	6.3	8.1	9.1	7.7	6.6
	1.38	1.48	1.56	1.76	1.72	1.75	1.67	1.74	1.63	2.00	1.62	1.49	1.52
100	5.4	6.1	7.9	8.6	5.1	4.8	5.9	7.5	7.5	9.4	10.3	8.8	7.7
	1.46	1.56	1.67	1.89	1.83	1.87	1.77	1.85	1.74	2.15	1.73	1.60	1.63
200	6.7	7.6	9.6	10.3	6.3	6.0	7.3	9.3	9.4	11.4	11.7	10.1	9.3
	1.40	1.50	1.60	1.82	1.75	1.78	1.70	1.76	1.66	2.06	1.69	1.56	1.62
Freq	1.9	6.8	10.8	7.1	4.5	5.6	9.3	13.9	10.5	14.6	12.1	3.0	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.8	3.2	4.3	4.6	2.7	2.6	3.1	3.9	4.0	5.2	6.0	4.9	4.1
	1.19	1.21	1.35	1.51	1.49	1.49	1.38	1.42	1.40	1.67	1.52	1.37	1.34
25	3.5	4.0	5.3	5.7	3.4	3.3	3.9	4.8	5.0	6.4	7.3	6.0	5.1
	1.27	1.29	1.43	1.58	1.59	1.59	1.48	1.52	1.49	1.76	1.56	1.40	1.40
50	4.2	4.8	6.2	6.6	4.0	3.9	4.7	5.7	5.9	7.4	8.3	6.9	6.0
	1.40	1.42	1.54	1.69	1.76	1.76	1.63	1.68	1.65	1.89	1.62	1.46	1.50
100	5.1	5.8	7.3	7.8	4.8	4.7	5.6	6.8	7.1	8.7	9.6	8.0	7.1
	1.53	1.55	1.70	1.86	1.93	1.93	1.79	1.85	1.81	2.07	1.72	1.58	1.64
200	6.2	7.1	8.8	9.3	5.8	5.7	6.9	8.4	8.8	10.4	10.9	9.2	8.5
	1.47	1.49	1.63	1.79	1.85	1.85	1.71	1.77	1.73	2.00	1.71	1.54	1.62
Freq	2.3	7.2	10.4	6.9	4.6	5.9	9.8	13.6	10.9	14.4	11.3	2.9	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.3	2.6	3.4	3.5	2.0	2.0	2.7	3.0	3.3	4.2	4.7	3.7	3.2
	1.29	1.17	1.38	1.45	1.40	1.39	1.48	1.43	1.48	1.64	1.52	1.32	1.34
25	3.1	3.4	4.5	4.5	2.7	2.7	3.6	4.0	4.4	5.4	6.1	4.8	4.3
	1.37	1.24	1.44	1.51	1.48	1.48	1.57	1.51	1.56	1.70	1.56	1.36	1.40
50	3.8	4.2	5.4	5.5	3.3	3.3	4.3	4.9	5.4	6.5	7.3	5.8	5.2
	1.48	1.34	1.54	1.60	1.61	1.60	1.71	1.64	1.69	1.79	1.60	1.40	1.48
100	4.7	5.2	6.5	6.6	4.0	4.0	5.3	6.0	6.6	7.7	8.5	6.8	6.2
	1.68	1.52	1.73	1.78	1.83	1.81	1.94	1.87	1.93	1.97	1.69	1.49	1.63
200	5.7	6.3	7.8	7.8	4.8	4.9	6.4	7.3	8.0	9.2	9.9	8.0	7.5
	1.62	1.46	1.68	1.75	1.76	1.75	1.87	1.79	1.86	1.96	1.72	1.51	1.63
Freq	3.0	7.7	10.0	6.5	4.7	6.4	10.4	13.1	11.4	14.1	10.1	2.7	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.2	388	4.3	164	3.8	108	3.0	52
25	6.7	491	5.2	252	4.6	185	3.9	109
50	7.2	584	5.9	335	5.4	260	4.7	172
100	7.8	745	6.9	482	6.3	374	5.6	256
200	8.5	1017	8.3	871	7.6	667	6.7	445

Gioia del Colle

40° 41' 00" N 16° 56' 00" E UTM 33 E 663384 m N 4505480 m 350 m s.l.m.

La stazione é situata sull’ altipiano delle Murge, in Puglia, 3 km a SE della omonima città, a circa 40 km di distanza dagli Appennini, a distanza di circa 35 km sia dal Mare Adriatico che dal Mar Ionio. La vegetazione consiste in erba e cespugli con numerosi oliveti e mandorleti in cui gli alberi raggiungono circa 3 m di altezza.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.03	1000	0.20										
30	0.03	1000	0.20										
60	0.03	1000	0.20										
90	0.03	1000	0.20										
120	0.03	1000	0.20										
150	0.03	1000	0.20										
180	0.03	1000	0.20										
210	0.03	1000	0.20										
240	0.03	1000	0.20										
270	0.03	1000	0.20										
300	0.03	1000	0.20										
330	0.03	1000	0.20										

Altezza dell’anemometro: 6.0 m s.l.s. Periodo: 65010103–75123121

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	15.4	168	55	123	176	154	99	85	62	31	32	11	3	0	0	4.8	1.76
30	11.9	219	109	199	219	135	55	33	15	8	5	3	0	0	0	3.5	1.81
60	3.9	647	67	96	101	44	17	14	7	5	0	2	0	1	0	1.3	0.83
90	3.1	765	55	57	57	26	17	11	4	5	2	1	0	0	0	0.6	0.63
120	3.2	731	35	56	61	37	26	21	12	8	3	3	5	1	1	0.9	0.64
150	7.7	315	28	74	109	82	71	68	60	45	66	43	22	11	5	5.2	1.30
180	19.7	125	49	128	174	151	112	85	59	39	45	21	7	4	2	5.2	1.62
210	7.1	347	92	179	169	91	49	27	19	8	11	5	2	0	0	3.1	1.36
240	4.1	593	49	91	91	67	36	30	23	6	8	5	0	1	0	1.9	0.93
270	5.1	473	42	86	123	102	63	39	27	19	18	6	2	1	0	3.1	1.19
300	6.0	431	37	82	119	100	75	60	39	22	29	5	1	0	1	3.6	1.29
330	12.8	198	48	103	161	147	115	81	58	32	39	14	4	1	0	4.9	1.73
Tbtali	100.0	297	58	120	153	119	79	60	42	25	28	13	5	2	1	4.1	1.40

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.3	3.4	3.0	2.6	1.9	1.3	1.3	1.3	1.7	1.7	2.8	3.1	2.3
3	3.3	3.1	3.1	2.5	1.9	1.8	1.4	1.2	1.8	1.7	2.9	3.0	2.3
6	3.3	3.1	3.2	2.9	2.4	2.6	2.3	1.7	1.7	1.8	2.7	3.1	2.6
9	4.1	4.8	5.0	5.0	4.2	4.0	3.9	3.9	3.9	4.0	4.5	4.0	4.3
12	5.2	5.5	5.3	5.4	4.8	4.5	4.5	4.5	4.2	4.3	5.2	4.9	4.8
15	4.6	5.3	5.4	5.6	5.1	4.8	5.0	5.2	4.7	4.4	4.7	4.2	4.9
18	3.4	3.5	3.5	3.6	3.3	3.5	3.7	3.2	2.4	2.2	3.2	3.2	3.2
21	3.4	3.5	3.2	2.8	2.0	1.7	1.6	1.6	1.8	2.6	2.9	3.0	2.5
Giorno	3.8	4.0	3.9	3.8	3.2	3.0	3.0	2.8	2.8	2.8	3.6	3.6	3.4

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	8.3	7.0	5.1	1.8	1.5	7.6	8.8	7.4	4.7	4.9	6.0	8.1	6.9
	2.06	2.03	1.76	0.85	0.69	1.25	1.71	1.66	1.38	1.29	1.46	1.92	1.51
25	9.1	7.7	5.6	2.0	1.7	8.3	9.6	8.1	5.1	5.4	6.6	8.9	7.5
	2.11	2.10	1.81	0.87	0.70	1.26	1.73	1.69	1.42	1.33	1.49	1.96	1.53
50	9.7	8.2	6.0	2.2	1.9	8.9	10.3	8.6	5.5	5.8	7.1	9.5	8.1
	2.17	2.15	1.86	0.89	0.72	1.27	1.76	1.74	1.46	1.36	1.54	2.01	1.56
100	10.5	8.9	6.5	2.3	2.0	9.4	11.0	9.3	5.9	6.2	7.6	10.2	8.7
	2.11	2.08	1.80	0.87	0.70	1.27	1.74	1.71	1.42	1.33	1.50	1.97	1.55
200	11.5	9.9	7.1	2.5	2.1	10.0	11.8	10.1	6.5	6.8	8.3	11.1	9.4
	2.02	1.97	1.71	0.83	0.69	1.26	1.70	1.64	1.34	1.26	1.44	1.89	1.51
Freq	14.4	13.1	6.9	3.4	3.2	6.1	15.3	11.6	5.3	4.7	5.7	10.3	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.8	4.5	2.6	1.2	1.2	6.0	6.2	4.4	2.7	3.6	4.2	5.8	4.8
	1.77	1.74	1.13	0.76	0.66	1.26	1.60	1.39	1.02	1.17	1.27	1.72	1.34
25	6.9	5.3	3.2	1.5	1.5	7.0	7.3	5.3	3.3	4.3	5.1	6.9	5.7
	1.88	1.88	1.22	0.81	0.69	1.29	1.66	1.49	1.10	1.24	1.35	1.81	1.40
50	7.9	6.2	3.7	1.8	1.7	7.9	8.3	6.2	3.9	5.1	5.9	7.9	6.5
	2.07	2.12	1.37	0.89	0.72	1.33	1.75	1.66	1.22	1.38	1.47	1.97	1.50
100	9.2	7.4	4.5	2.2	2.1	8.9	9.5	7.3	4.7	6.0	6.9	9.2	7.7
	2.22	2.26	1.45	0.94	0.76	1.40	1.88	1.77	1.29	1.47	1.58	2.12	1.61
200	11.2	9.2	5.5	2.7	2.4	10.0	11.0	9.0	5.8	7.4	8.3	11.0	9.2
	2.13	2.15	1.38	0.90	0.74	1.38	1.83	1.69	1.24	1.41	1.51	2.04	1.59
Freq	15.1	12.3	5.0	3.2	3.2	7.1	18.1	8.7	4.5	5.0	5.9	11.9	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.0	3.8	1.8	0.8	1.0	5.4	5.4	3.5	2.2	3.2	3.7	5.1	4.1
	1.78	1.79	0.96	0.68	0.65	1.30	1.62	1.37	0.97	1.19	1.29	1.74	1.34
25	6.2	4.7	2.2	1.0	1.3	6.5	6.6	4.3	2.7	4.0	4.6	6.3	5.1
	1.88	1.91	1.02	0.72	0.67	1.32	1.67	1.46	1.03	1.26	1.36	1.82	1.39
50	7.2	5.5	2.7	1.3	1.5	7.4	7.6	5.2	3.3	4.7	5.4	7.3	6.0
	2.04	2.12	1.12	0.78	0.70	1.35	1.76	1.62	1.13	1.37	1.46	1.96	1.47
100	8.5	6.5	3.3	1.6	1.9	8.4	8.8	6.2	4.0	5.7	6.4	8.5	7.0
	2.24	2.33	1.23	0.84	0.75	1.42	1.92	1.77	1.23	1.51	1.60	2.15	1.60
200	10.2	8.1	4.0	2.0	2.2	9.6	10.2	7.6	4.9	6.9	7.7	10.2	8.4
	2.15	2.22	1.17	0.81	0.73	1.42	1.86	1.70	1.19	1.45	1.54	2.07	1.58
Freq	15.3	12.0	4.3	3.1	3.2	7.5	19.2	7.6	4.2	5.1	6.0	12.5	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.9	2.9	1.1	0.6	1.3	4.3	4.2	2.5	1.7	2.6	3.1	4.0	3.3
	1.78	1.78	0.84	0.65	0.74	1.35	1.63	1.36	0.95	1.21	1.36	1.76	1.35
25	5.1	3.8	1.5	0.8	1.7	5.5	5.5	3.4	2.3	3.4	4.1	5.3	4.3
	1.87	1.89	0.88	0.68	0.76	1.38	1.68	1.44	1.01	1.27	1.42	1.84	1.39
50	6.1	4.6	1.8	1.0	2.1	6.5	6.6	4.1	2.8	4.2	5.0	6.3	5.1
	2.00	2.05	0.95	0.73	0.77	1.41	1.75	1.56	1.08	1.36	1.52	1.96	1.46
100	7.3	5.5	2.3	1.3	2.5	7.6	7.7	5.0	3.5	5.1	6.0	7.5	6.2
	2.26	2.34	1.06	0.80	0.81	1.47	1.89	1.77	1.23	1.54	1.69	2.17	1.58
200	8.9	6.8	2.8	1.6	2.9	8.8	9.1	6.1	4.3	6.1	7.2	9.0	7.4
	2.19	2.25	1.03	0.78	0.82	1.50	1.90	1.71	1.18	1.49	1.65	2.14	1.59
Freq	15.1	11.2	3.8	3.1	3.5	8.7	18.7	6.8	4.2	5.2	6.5	13.0	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.2	395	4.4	166	3.8	110	3.0	52
25	6.8	504	5.2	256	4.7	188	3.9	111
50	7.2	597	5.9	343	5.4	267	4.7	176
100	7.8	754	6.9	485	6.3	380	5.5	262
200	8.5	1015	8.2	852	7.5	658	6.6	445

Grosseto

42° 45' 00" N 11° 04' 00" E UTM 32 E 669142 m N 4735209 m 7 m s.l.m.

La stazione é situata all'interno dell'aeroporto di Grosseto a circa 8 km dal mare. La città dista circa 4 km ad E. Nel raggio di 10–20 km il terreno é piuttosto piatto. Vicino alla stazione il terreno é coperto da erba e due filari di alberi si estendono uno a N l'altro a S a circa 300 m. Più lontano ci sono case sparse, vigneti ed olivi. Gli hangar più vicini sono a distanza di circa 600 m.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.03	1000	0.10										
30	0.03	1500	0.30	3000	0.40								
60	0.03	1500	0.10	3000	0.40								
90	0.03	500	0.30	1000	0.10	4000	0.40						
120	0.05	2000	0.10										
150	0.05	2000	0.10										
180	0.05	2000	0.10										
210	0.05	1000	0.40	1500	0.10								
240	0.03	1000	0.05										
270	0.03	1500	0.20										
300	0.03	500	0.30	700	0.20								
330	0.03	1200	0.20										

Altezza dell'anemometro: 6.0 m s.l.s. Periodo: 65010103–75123121

Sett	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	8.3	480	140	124	93	59	38	27	19	8	11	2	0	0	0	2.1	1.01
30	16.8	306	202	144	84	59	51	44	33	27	34	9	4	2	0	2.8	1.02
60	9.0	483	184	131	63	39	28	21	13	12	15	6	4	0	0	1.8	0.86
90	5.4	731	114	70	48	16	7	8	2	1	2	1	0	0	0	0.7	0.70
120	6.8	547	91	82	82	49	37	41	28	14	18	7	4	0	0	2.1	0.89
150	10.9	344	81	101	104	81	74	70	48	31	41	18	5	2	0	3.9	1.26
180	7.3	518	41	58	71	65	63	67	43	28	24	16	4	1	0	3.0	1.05
210	8.2	480	86	115	118	89	42	32	15	8	11	3	1	0	0	2.5	1.12
240	9.7	408	96	154	181	104	34	11	6	1	3	1	0	0	0	2.6	1.49
270	6.6	573	62	109	86	63	38	24	16	8	10	6	3	1	0	2.0	0.91
300	5.4	634	64	68	61	54	35	28	21	9	13	6	6	1	0	1.6	0.77
330	5.5	667	82	80	70	45	27	13	6	4	4	2	0	0	0	1.1	0.78
Totali	100.0	475	115	111	92	63	42	35	23	15	18	7	3	1	0	2.4	0.98

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	1.7	2.3	1.5	1.1	0.6	0.4	0.4	0.6	0.9	1.0	1.8	1.9	1.2
3	1.8	2.2	1.6	1.1	0.6	0.3	0.3	0.4	1.0	1.1	1.8	2.1	1.2
6	2.0	2.3	1.7	1.3	0.7	0.6	0.7	0.5	1.1	1.4	2.0	2.2	1.4
9	2.2	3.3	3.2	2.9	2.3	2.0	2.2	1.7	2.2	2.2	2.7	2.5	2.4
12	3.2	4.5	4.2	4.3	3.9	3.7	4.2	3.7	3.6	2.9	3.4	3.1	3.7
15	3.0	4.6	4.6	4.4	4.0	4.1	4.5	4.5	4.0	3.4	3.1	2.6	3.9
18	1.9	2.6	2.1	2.0	1.8	2.4	3.1	2.5	1.8	1.2	2.0	2.0	2.1
21	1.7	2.3	1.6	1.4	0.8	0.6	0.7	0.7	1.0	1.0	2.0	1.8	1.3
Giorno	2.2	3.0	2.6	2.3	1.9	1.8	2.0	1.8	1.9	1.8	2.4	2.3	2.2

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.4	4.9	4.1	2.4	2.9	6.1	6.0	4.8	4.4	4.1	3.2	2.4	4.2
	1.14	1.15	1.05	0.92	0.90	1.31	1.30	1.27	1.60	1.30	0.92	0.88	1.10
25	3.7	5.4	4.5	2.6	3.2	6.7	6.5	5.2	4.8	4.5	3.5	2.7	4.6
	1.18	1.17	1.07	0.94	0.92	1.34	1.32	1.30	1.65	1.34	0.93	0.90	1.12
50	4.0	5.8	4.8	2.9	3.5	7.2	7.0	5.6	5.2	4.8	3.8	2.9	5.0
	1.21	1.19	1.10	0.96	0.94	1.37	1.36	1.33	1.69	1.37	0.95	0.93	1.15
100	4.3	6.2	5.1	3.1	3.7	7.7	7.5	6.1	5.6	5.2	4.0	3.1	5.3
	1.17	1.17	1.07	0.94	0.92	1.35	1.33	1.30	1.64	1.33	0.94	0.90	1.13
200	4.7	6.7	5.5	3.3	3.9	8.3	8.1	6.6	6.2	5.7	4.3	3.4	5.8
	1.11	1.14	1.04	0.89	0.89	1.31	1.29	1.24	1.55	1.26	0.91	0.87	1.10
Freq	7.3	13.6	11.9	6.8	6.4	9.5	8.6	7.8	9.2	7.8	5.9	5.4	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.4	3.5	2.4	1.4	2.3	4.6	3.8	3.1	3.0	2.5	2.0	1.5	2.9
	1.02	1.04	0.90	0.81	0.87	1.24	1.10	1.12	1.43	0.96	0.79	0.80	0.98
25	3.0	4.2	3.0	1.7	2.8	5.5	4.6	3.8	3.6	3.0	2.4	1.9	3.4
	1.09	1.08	0.95	0.86	0.91	1.29	1.14	1.20	1.54	1.03	0.81	0.86	1.03
50	3.5	4.9	3.5	2.0	3.3	6.3	5.3	4.5	4.2	3.6	2.8	2.3	4.0
	1.22	1.15	1.02	0.95	0.98	1.38	1.21	1.34	1.73	1.15	0.86	0.95	1.10
100	4.3	5.7	4.2	2.5	4.0	7.2	6.1	5.4	5.0	4.4	3.3	2.8	4.8
	1.29	1.23	1.09	1.01	1.04	1.48	1.29	1.42	1.85	1.22	0.91	1.00	1.18
200	5.2	6.6	5.0	3.0	4.7	8.4	7.1	6.6	6.2	5.4	3.8	3.5	5.7
	1.24	1.19	1.05	0.97	1.01	1.43	1.26	1.37	1.76	1.17	0.89	0.96	1.15
Freq	8.0	15.8	9.9	5.8	6.7	10.5	7.7	8.1	9.6	6.9	5.5	5.5	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.1	3.1	2.0	0.9	2.2	4.1	3.2	2.7	2.6	2.1	1.7	1.3	2.5
	1.03	1.03	0.87	0.76	0.89	1.27	1.07	1.13	1.51	0.93	0.77	0.80	0.97
25	2.7	3.8	2.5	1.2	2.7	5.0	4.0	3.3	3.2	2.6	2.1	1.6	3.1
	1.10	1.07	0.92	0.80	0.93	1.31	1.11	1.21	1.61	0.99	0.80	0.85	1.01
50	3.3	4.4	3.0	1.5	3.2	5.8	4.6	4.0	3.8	3.2	2.5	2.0	3.6
	1.21	1.12	0.98	0.87	0.99	1.38	1.17	1.33	1.78	1.08	0.83	0.92	1.08
100	4.0	5.2	3.6	1.9	3.8	6.8	5.5	4.8	4.6	3.9	3.0	2.5	4.4
	1.32	1.22	1.07	0.95	1.07	1.51	1.27	1.45	1.96	1.17	0.90	1.00	1.17
200	4.8	6.1	4.3	2.3	4.5	8.0	6.4	5.9	5.6	4.8	3.5	3.0	5.2
	1.26	1.19	1.03	0.91	1.04	1.47	1.23	1.39	1.87	1.13	0.87	0.96	1.15
Freq	8.3	16.6	9.2	5.5	6.8	10.8	7.4	8.2	9.8	6.6	5.4	5.5	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.8	2.5	1.5	0.7	2.0	3.2	2.5	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	2.0
	1.03	1.05	0.88	0.72	0.96	1.27	1.06	1.16	1.42	0.90	0.77	0.84	0.99
25	2.5	3.2	2.0	1.0	2.6	4.2	3.2	2.8	2.7	2.1	1.7	1.5	2.6
	1.09	1.09	0.92	0.75	0.99	1.31	1.10	1.23	1.50	0.94	0.79	0.88	1.02
50	3.0	3.9	2.5	1.3	3.2	5.0	3.9	3.4	3.3	2.6	2.1	1.9	3.2
	1.17	1.13	0.98	0.80	1.04	1.37	1.15	1.33	1.63	1.01	0.82	0.95	1.08
100	3.8	4.7	3.2	1.6	3.9	6.0	4.7	4.2	4.0	3.3	2.6	2.4	3.9
	1.33	1.23	1.10	0.90	1.14	1.48	1.24	1.51	1.85	1.13	0.88	1.06	1.17
200	4.6	5.5	3.8	2.0	4.6	7.1	5.6	5.1	4.8	3.9	3.0	2.8	4.7
	1.28	1.23	1.06	0.87	1.13	1.48	1.24	1.46	1.79	1.09	0.88	1.03	1.17
Freq	9.2	16.0	8.6	5.6	7.2	10.5	7.4	8.5	9.3	6.4	5.4	5.8	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.1	195	2.9	92	2.5	60	2.0	29
25	4.4	243	3.4	137	3.1	101	2.6	60
50	4.7	283	3.9	172	3.5	136	3.1	90
100	5.1	366	4.5	234	4.1	181	3.7	127
200	5.6	510	5.5	429	5.0	326	4.4	220

Le Porte

42° 21' 00" N 10° 55' 00" E UTM 32 E 657871 m N 4690500 m 380 m s.l.m.

La stazione é situata sull'isola del Giglio distante circa 25 km dalla costa della Toscana. Il palo anemo-
metrico é collocato al centro dell'isola in un passo tra due picchi alti rispettivamente 498 m e 487 m s.l.m.
La descrizione della rugosit  é molto approssimata per la mancanza di informazioni dettagliate sulla to-
pografia.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.10	3000	0.00									30	-23
30	0.10	2000	0.00									-15	
60	0.10	2000	0.00									25	24
90	0.10	1500	0.00									75	17
120	0.10	2000	0.00									104	
150	0.10	3000	0.00									87	-17
180	0.10	3000	0.00									30	-23
210	0.10	2000	0.00									-15	
240	0.10	2000	0.00									25	24
270	0.10	3000	0.00									92	15
300	0.10	3000	0.00									112	-1
330	0.10	3500	0.00									88	-17

Altezza dell'anemometro: 15.0 m s.l.s. Periodo: 83010300-87121100

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.0	65	85	160	224	185	127	83	37	20	8	3	1	1	1	4.6	1.98
30	5.3	84	146	206	238	187	81	33	11	4	4	1	3	0	0	3.9	2.08
60	6.2	113	127	210	215	160	99	32	25	8	8	1	2	1	0	3.9	1.86
90	5.7	104	115	157	194	161	118	73	36	16	19	7	0	2	0	4.4	1.84
120	23.8	48	57	91	92	107	87	94	80	78	109	69	39	23	27	7.7	1.66
150	13.6	57	68	89	75	87	84	85	82	83	120	70	41	26	37	8.1	1.65
180	1.3	218	48	87	83	154	88	31	112	52	105	14	0	0	6	5.5	1.57
210	2.2	38	55	174	234	169	116	56	72	25	14	41	7	0	0	4.9	1.58
240	2.0	118	106	267	191	161	36	41	31	20	0	0	24	4	0	3.8	1.29
270	4.1	74	98	171	186	113	106	69	47	58	41	9	5	10	12	4.9	1.36
300	15.3	71	93	125	144	105	112	82	70	51	59	28	22	13	22	5.9	1.33
330	13.4	57	67	99	104	111	104	117	91	79	93	45	22	9	4	6.8	1.91
Totali	100.0	69	82	128	139	124	98	81	65	55	69	38	22	13	16	6.0	1.39

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	6.3	6.2	5.3	5.9	5.5	4.8	4.2	4.6	4.4	5.0	4.6	5.9	5.2
3	6.3	6.6	5.3	6.5	5.4	4.7	4.5	4.5	4.1	5.2	4.9	5.9	5.3
6	6.4	6.6	5.2	6.8	5.6	4.9	4.4	4.4	4.3	5.3	4.9	6.3	5.4
9	6.5	6.9	5.8	7.2	5.7	5.4	4.8	5.1	4.5	5.7	5.0	6.2	5.7
12	6.9	6.4	5.8	7.7	6.2	5.7	4.4	4.9	4.7	5.8	4.8	6.0	5.8
15	6.9	5.9	5.7	7.3	5.5	5.6	4.9	5.2	5.3	5.4	4.9	6.1	5.7
18	6.4	5.7	6.0	6.5	5.1	4.9	4.9	5.3	5.3	5.0	5.3	6.4	5.6
21	5.7	6.0	5.9	6.2	5.2	4.9	4.3	4.8	5.0	5.1	4.9	5.9	5.3
Giorno	6.4	6.3	5.6	6.8	5.5	5.1	4.6	4.8	4.7	5.3	4.9	6.1	5.5

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.7 1.65	5.8 1.90	4.2 1.74	4.7 1.49	4.6 1.63	5.2 1.63	7.5 1.59	6.8 1.48	4.5 1.27	3.7 1.30	3.5 1.32	4.3 1.53	5.1 1.45
25	6.2 1.70	6.4 1.96	4.6 1.79	5.1 1.54	5.1 1.68	5.7 1.68	8.2 1.62	7.5 1.51	5.0 1.31	4.1 1.34	3.9 1.36	4.7 1.58	5.6 1.49
50	6.7 1.74	6.9 2.01	5.0 1.84	5.5 1.58	5.4 1.73	6.2 1.72	8.8 1.67	8.0 1.55	5.4 1.34	4.4 1.37	4.2 1.39	5.0 1.62	6.0 1.53
100	7.2 1.69	7.5 1.95	5.4 1.78	6.0 1.53	5.9 1.67	6.7 1.67	9.4 1.63	8.6 1.51	5.8 1.30	4.7 1.33	4.5 1.35	5.4 1.56	6.5 1.49
200	8.0 1.60	8.2 1.85	5.9 1.69	6.6 1.45	6.5 1.58	7.3 1.58	10.3 1.56	9.4 1.45	6.3 1.23	5.2 1.26	4.9 1.28	6.0 1.49	7.1 1.43
Freq	12.7	10.4	8.0	8.7	10.5	11.2	9.6	3.8	3.9	5.0	7.2	9.0	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.0 1.44	3.9 1.54	2.9 1.38	3.2 1.28	3.3 1.37	3.8 1.30	5.3 1.41	4.3 1.23	2.7 1.05	2.4 1.10	2.5 1.17	3.2 1.30	3.5 1.25
25	4.8 1.54	4.7 1.66	3.5 1.49	3.9 1.38	3.9 1.48	4.6 1.40	6.3 1.49	5.2 1.31	3.3 1.13	3.0 1.19	3.1 1.25	3.8 1.40	4.2 1.34
50	5.6 1.74	5.4 1.86	4.1 1.67	4.6 1.54	4.6 1.65	5.4 1.57	7.3 1.61	6.1 1.44	4.0 1.26	3.5 1.32	3.6 1.40	4.5 1.57	4.9 1.47
100	6.7 1.85	6.4 1.98	4.8 1.77	5.4 1.64	5.5 1.76	6.5 1.67	8.5 1.73	7.2 1.54	4.8 1.33	4.2 1.40	4.3 1.49	5.4 1.67	5.9 1.57
200	8.3 1.76	8.0 1.89	6.0 1.69	6.7 1.57	6.8 1.68	8.0 1.60	10.1 1.66	8.8 1.48	5.9 1.27	5.2 1.35	5.3 1.42	6.7 1.60	7.2 1.53
Freq	12.4	10.2	8.0	9.1	10.6	10.6	8.4	3.7	4.3	5.6	7.6	9.7	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.5 1.46	3.3 1.52	2.6 1.38	2.8 1.29	2.9 1.37	3.4 1.28	4.7 1.42	3.6 1.19	2.4 1.10	2.1 1.12	2.3 1.19	2.8 1.31	3.0 1.26
25	4.3 1.56	4.1 1.63	3.2 1.48	3.5 1.38	3.6 1.46	4.3 1.37	5.7 1.48	4.5 1.27	3.1 1.17	2.7 1.19	2.8 1.27	3.5 1.40	3.8 1.33
50	5.1 1.73	4.8 1.80	3.8 1.63	4.1 1.52	4.2 1.62	5.1 1.51	6.7 1.58	5.3 1.38	3.7 1.28	3.2 1.31	3.4 1.40	4.2 1.54	4.5 1.46
100	6.1 1.90	5.8 1.98	4.5 1.79	5.0 1.67	5.1 1.77	6.1 1.66	7.8 1.73	6.4 1.52	4.5 1.40	3.9 1.43	4.1 1.53	5.1 1.69	5.4 1.59
200	7.6 1.82	7.1 1.89	5.6 1.71	6.1 1.60	6.3 1.70	7.5 1.59	9.3 1.67	7.8 1.46	5.5 1.35	4.7 1.37	5.0 1.47	6.2 1.62	6.6 1.54
Freq	12.1	10.0	8.0	9.3	10.6	10.4	7.9	3.8	4.4	5.8	7.7	10.0	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.8 1.49	2.5 1.48	2.0 1.32	2.2 1.32	2.3 1.38	2.8 1.27	3.7 1.42	2.7 1.15	1.8 1.05	1.7 1.13	1.8 1.20	2.4 1.35	2.4 1.26
25	3.7 1.57	3.3 1.57	2.7 1.39	2.9 1.39	3.1 1.47	3.8 1.35	4.8 1.48	3.5 1.21	2.4 1.11	2.2 1.19	2.4 1.27	3.1 1.43	3.2 1.32
50	4.4 1.71	4.0 1.70	3.3 1.51	3.6 1.51	3.7 1.59	4.6 1.46	5.8 1.56	4.3 1.31	3.0 1.20	2.7 1.29	3.0 1.38	3.8 1.55	3.9 1.42
100	5.4 1.94	4.9 1.94	4.0 1.71	4.4 1.71	4.6 1.81	5.6 1.66	6.9 1.71	5.3 1.49	3.7 1.36	3.4 1.46	3.7 1.56	4.7 1.76	4.7 1.59
200	6.6 1.87	5.9 1.87	4.9 1.65	5.3 1.65	5.6 1.74	6.8 1.60	8.2 1.70	6.5 1.44	4.5 1.31	4.1 1.41	4.4 1.51	5.7 1.70	5.7 1.55
Freq	11.7	9.7	8.2	9.6	10.7	10.2	7.1	3.8	4.6	6.1	8.0	10.4	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.6	170	3.2	75	2.8	50	2.2	24
25	5.0	215	3.9	114	3.5	84	2.9	50
50	5.4	256	4.5	150	4.1	117	3.5	78
100	5.9	337	5.3	227	4.8	174	4.2	116
200	6.5	480	6.5	448	5.9	337	5.2	218

Lecce Galatina

40° 14' 00" N 18° 09' 00" E UTM 34 E 257527 m N 4457629 m 48 m s.l.m.

La stazione é situata nella pianura del Salento in Puglia, dista circa 7 km dal paese di Galatina e circa 20 km da Lecce. La distanza dal Mar Adriatico e dal Mare Ionio é rispettivamente di 26 km e 18 km. Il terreno é coltivato ad oliveti.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.03	500	0.20										
30	0.03	500	0.20										
60	0.03	500	0.20										
90	0.03	500	0.20										
120	0.03	500	0.20										
150	0.03	500	0.20										
180	0.03	500	0.20										
210	0.03	500	0.20										
240	0.03	500	0.20										
270	0.03	500	0.20										
300	0.03	500	0.20										
330	0.03	500	0.20										

Altezza dell’anemometro: 6.0 m s.l.s. Periodo: 65010106–75123121

Sett	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	13.4	213	40	87	118	101	105	106	83	44	70	24	7	3	0	5.5	1.74
30	10.5	257	70	132	184	119	87	70	35	19	16	9	3	0	0	4.0	1.58
60	4.8	590	60	116	131	51	29	11	3	2	6	0	1	0	0	1.7	0.99
90	4.0	706	32	73	89	25	25	17	13	6	11	4	0	0	0	1.1	0.71
120	6.4	418	60	132	126	76	46	45	26	12	28	17	10	4	1	3.2	1.06
150	12.4	222	61	136	136	91	76	65	48	36	64	38	21	5	3	4.8	1.28
180	8.5	323	37	91	89	78	80	80	63	45	67	27	14	5	0	4.9	1.38
210	6.3	449	47	93	126	81	62	59	25	17	24	10	4	2	1	3.3	1.16
240	7.8	342	50	101	145	108	75	61	41	22	34	15	5	1	0	4.0	1.37
270	6.2	446	47	115	127	89	62	42	28	11	17	13	3	0	1	3.1	1.16
300	7.2	381	75	156	143	82	56	46	21	14	18	6	1	0	1	3.1	1.25
330	12.5	233	60	123	141	101	84	74	60	40	52	22	9	3	0	4.7	1.42
Totali	100.0	333	54	114	132	90	73	64	44	27	40	18	8	2	1	4.0	1.27

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.0	3.0	2.7	2.2	1.5	1.1	1.3	1.1	1.2	1.5	2.3	2.5	1.9
3	3.0	2.7	2.8	2.2	1.4	1.0	1.1	1.1	1.2	1.5	2.2	2.5	1.9
6	3.0	2.7	2.7	2.4	2.5	2.6	2.6	1.9	1.3	1.5	2.3	2.7	2.4
9	4.0	4.6	5.4	5.5	4.8	4.6	4.5	4.6	4.1	4.3	4.6	3.9	4.6
12	6.0	5.9	6.5	6.2	5.8	5.5	5.5	5.6	5.0	4.8	5.5	5.2	5.6
15	5.2	6.0	6.2	6.0	5.8	5.3	5.7	5.5	4.8	4.7	4.6	4.3	5.3
18	3.3	3.3	3.4	3.5	3.5	3.7	4.0	3.4	2.2	1.8	2.6	2.8	3.1
21	3.1	3.0	2.9	2.4	1.9	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5	2.6	2.6	2.1
Giorno	3.8	3.9	4.1	3.8	3.4	3.2	3.3	3.1	2.6	2.7	3.3	3.3	3.4

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	9.1 1.79	8.0 1.75	5.7 1.60	2.7 0.98	4.9 1.07	7.7 1.29	8.4 1.44	6.8 1.33	6.8 1.48	6.3 1.44	5.7 1.43	7.6 1.49	7.1 1.40
25	9.9 1.81	8.7 1.79	6.2 1.65	3.0 1.01	5.3 1.08	8.4 1.31	9.1 1.45	7.4 1.35	7.4 1.51	6.9 1.47	6.3 1.47	8.3 1.51	7.7 1.42
50	10.6 1.85	9.3 1.83	6.7 1.69	3.3 1.03	5.7 1.11	9.0 1.32	9.7 1.48	7.9 1.38	7.9 1.55	7.4 1.51	6.7 1.51	8.8 1.55	8.3 1.44
100	11.3 1.83	10.0 1.80	7.3 1.64	3.5 1.00	6.1 1.10	9.6 1.32	10.3 1.47	8.4 1.37	8.5 1.52	7.9 1.48	7.2 1.47	9.4 1.53	8.8 1.43
200	12.2 1.78	10.9 1.74	8.0 1.55	3.8 0.95	6.5 1.07	10.2 1.30	11.0 1.44	9.1 1.33	9.2 1.47	8.6 1.42	7.9 1.40	10.1 1.49	9.5 1.40
Freq	13.1	11.5	6.9	4.3	5.5	10.2	10.0	7.1	7.3	6.8	6.8	10.6	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	6.7 1.69	5.2 1.56	2.9 1.14	1.5 0.77	3.8 1.03	5.8 1.26	6.0 1.37	4.3 1.17	4.9 1.35	4.0 1.20	3.9 1.25	5.6 1.39	4.9 1.27
25	7.9 1.76	6.2 1.65	3.6 1.23	1.9 0.82	4.5 1.07	6.8 1.28	7.0 1.40	5.1 1.22	5.8 1.42	4.8 1.26	4.7 1.34	6.6 1.44	5.9 1.31
50	8.9 1.85	7.2 1.80	4.2 1.37	2.4 0.91	5.1 1.12	7.6 1.32	7.9 1.46	5.8 1.29	6.6 1.52	5.6 1.37	5.5 1.49	7.5 1.51	6.7 1.38
100	10.1 1.98	8.4 1.93	5.1 1.46	2.9 0.96	5.9 1.20	8.6 1.40	9.0 1.55	6.8 1.39	7.7 1.63	6.6 1.47	6.6 1.58	8.6 1.62	7.7 1.48
200	11.7 1.93	10.1 1.86	6.3 1.39	3.5 0.92	6.8 1.17	9.7 1.38	10.2 1.51	7.9 1.35	9.1 1.58	7.8 1.41	8.0 1.52	9.9 1.57	9.0 1.46
Freq	13.3	10.9	5.6	4.1	6.1	11.6	9.0	6.6	7.6	6.4	7.1	11.8	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.9 1.73	4.4 1.56	2.2 1.06	1.3 0.76	3.4 1.06	5.2 1.28	5.2 1.38	3.6 1.17	4.3 1.36	3.4 1.19	3.4 1.26	5.0 1.43	4.3 1.27
25	7.2 1.79	5.4 1.65	2.7 1.13	1.7 0.80	4.1 1.08	6.3 1.31	6.4 1.42	4.4 1.21	5.2 1.42	4.2 1.24	4.2 1.33	6.1 1.48	5.3 1.31
50	8.2 1.87	6.4 1.80	3.3 1.25	2.1 0.87	4.8 1.13	7.1 1.34	7.3 1.47	5.2 1.28	6.1 1.51	5.0 1.33	5.0 1.46	7.1 1.54	6.1 1.38
100	9.5 2.04	7.6 1.98	4.0 1.37	2.6 0.94	5.6 1.22	8.2 1.41	8.4 1.56	6.1 1.40	7.1 1.65	5.9 1.46	6.0 1.60	8.1 1.68	7.2 1.49
200	11.0 1.98	9.2 1.90	4.9 1.31	3.1 0.90	6.5 1.19	9.3 1.41	9.6 1.55	7.1 1.36	8.4 1.60	7.0 1.41	7.3 1.54	9.4 1.63	8.4 1.47
Freq	13.4	10.6	5.1	4.0	6.3	12.1	8.7	6.4	7.7	6.3	7.2	12.2	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.6 1.73	3.4 1.56	1.4 0.98	1.1 0.77	2.9 1.09	4.1 1.31	4.1 1.38	2.8 1.17	3.3 1.36	2.6 1.18	2.8 1.27	4.1 1.48	3.4 1.28
25	6.0 1.78	4.4 1.65	1.9 1.03	1.5 0.80	3.7 1.12	5.3 1.33	5.3 1.41	3.7 1.22	4.4 1.41	3.5 1.23	3.7 1.33	5.3 1.52	4.4 1.31
50	7.1 1.85	5.4 1.78	2.4 1.11	1.9 0.84	4.5 1.15	6.3 1.36	6.3 1.45	4.4 1.28	5.2 1.48	4.2 1.31	4.5 1.43	6.3 1.58	5.3 1.37
100	8.3 1.98	6.5 2.02	3.0 1.25	2.4 0.92	5.3 1.22	7.4 1.42	7.3 1.53	5.3 1.39	6.3 1.62	5.1 1.46	5.5 1.61	7.4 1.68	6.3 1.46
200	9.8 2.00	7.9 1.95	3.6 1.21	2.8 0.90	6.2 1.24	8.5 1.45	8.5 1.56	6.3 1.39	7.4 1.61	6.2 1.43	6.6 1.56	8.7 1.70	7.5 1.48
Freq	13.2	10.1	4.7	4.2	6.8	12.1	8.4	6.4	7.7	6.3	7.6	12.6	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.4	497	4.6	212	4.0	140	3.1	67
25	7.0	629	5.4	326	4.9	238	4.1	140
50	7.5	742	6.1	429	5.6	335	4.9	222
100	8.0	923	7.0	576	6.5	457	5.7	324
200	8.7	1203	8.2	947	7.6	749	6.8	522

Milano

45° 26' 00" N 09° 17' 00" E UTM 32 E 522163 m N 5031223 m 103 m s.l.m.

La stazione é situata nell'aeroporto di Linate a circa 2 km da Milano in direzione N-NO. Un piccolo cimitero é situato a circa 30 m di distanza nei settori N-NE. A circa 800 m si trovano varie strutture aeroportuali e, a partire da una distanza di circa 2 km, l'aeroporto é circondato da caseggiati.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.30	200	0.03	1000	0.07	2000	0.40						
30	0.30	200	0.03	2200	0.40								
60	0.30	200	0.03	2200	0.40								
90	0.03	500	0.05	750	0.03	2000	0.40						
120	0.03	500	0.30	1000	0.03	2000	0.40						
150	0.03	2000	0.40										
180	0.03	2000	0.40										
210	0.03	2000	0.40										
240	0.03	2000	0.40										
270	0.03	750	0.05	1250	0.03	2000	0.40						
300	0.03	750	0.40	1000	0.05	2000	0.40						
330	0.03	2000	0.40										

Altezza dell'anemometro: 10.0 m s.l.s. Periodo: 66010100-75123121

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.2	753	62	38	39	27	13	17	22	10	12	4	3	0	0	0.7	0.59
30	6.7	792	94	53	28	12	7	7	2	4	1	0	0	0	0	0.5	0.64
60	8.1	705	181	75	27	6	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0.8	0.90
90	9.2	625	206	96	48	15	6	2	2	0	0	0	0	0	0	1.1	0.98
120	8.5	640	180	97	49	18	7	4	3	2	0	0	0	0	0	1.0	0.90
150	7.4	754	166	51	20	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.98
180	7.2	779	135	59	23	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	1.00
210	10.8	553	227	137	62	13	4	2	1	1	0	0	0	0	0	1.3	1.14
240	13.1	432	222	184	103	42	10	4	2	1	1	0	0	0	0	1.9	1.31
270	8.2	668	103	97	78	27	14	8	4	1	0	0	0	0	0	1.0	0.84
300	6.5	810	55	46	31	17	13	9	6	5	4	2	2	0	0	0.4	0.53
330	7.2	733	50	39	37	22	16	25	25	20	21	7	4	1	0	0.9	0.61
Totali	100.0	664	151	90	50	19	8	6	5	3	3	1	1	0	0	1.0	0.77

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	0.6	0.8	1.0	0.8	0.7	0.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.7	0.5	0.6
3	0.5	0.6	0.8	0.7	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.5
6	0.5	0.6	0.8	0.6	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.5	0.5
9	0.6	0.9	1.3	1.5	1.3	1.5	1.2	0.8	0.7	0.5	0.7	0.6	1.0
12	0.9	1.6	1.9	2.1	2.0	2.0	1.8	1.4	1.2	1.2	1.2	1.0	1.5
15	1.0	1.6	2.2	2.4	2.2	2.4	2.1	1.6	1.2	1.1	1.2	0.9	1.7
18	0.8	0.9	1.1	1.5	1.4	1.7	1.3	0.8	0.5	0.5	0.7	0.5	1.0
21	0.6	0.9	1.1	1.1	1.0	1.1	0.9	0.5	0.4	0.4	0.8	0.5	0.8
Giorno	0.7	1.0	1.3	1.3	1.2	1.3	1.1	0.7	0.6	0.6	0.8	0.6	0.9

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.4 0.64	1.3 0.71	1.7 1.07	1.9 1.24	2.0 1.16	1.7 1.16	1.5 1.27	1.9 1.28	2.6 1.44	2.5 1.29	1.6 0.83	1.2 0.62	1.7 0.88
25	1.5 0.65	1.5 0.73	1.9 1.10	2.1 1.27	2.2 1.20	1.9 1.20	1.6 1.31	2.1 1.32	2.9 1.48	2.8 1.33	1.8 0.85	1.3 0.62	1.9 0.91
50	1.6 0.65	1.6 0.75	2.0 1.13	2.2 1.30	2.3 1.23	2.1 1.23	1.7 1.34	2.3 1.35	3.1 1.52	3.0 1.37	1.9 0.87	1.4 0.63	2.1 0.93
100	1.7 0.65	1.7 0.73	2.2 1.09	2.4 1.26	2.5 1.19	2.2 1.19	1.9 1.30	2.5 1.31	3.4 1.47	3.2 1.33	2.0 0.85	1.5 0.63	2.3 0.92
200	1.8 0.64	1.8 0.70	2.3 1.04	2.6 1.20	2.7 1.13	2.4 1.13	2.0 1.23	2.7 1.25	3.7 1.39	3.5 1.26	2.2 0.81	1.6 0.62	2.5 0.89
Freq	7.1	6.9	7.4	8.7	8.8	7.9	7.3	9.1	12.1	10.4	7.3	6.9	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.0 0.61	0.8 0.67	1.0 0.92	1.2 1.01	1.3 0.95	0.9 0.89	0.8 0.94	1.4 1.11	2.0 1.26	1.5 0.99	0.8 0.64	1.0 0.60	1.1 0.77
25	1.2 0.63	1.1 0.71	1.3 0.98	1.5 1.08	1.6 1.02	1.1 0.95	1.0 1.00	1.7 1.19	2.4 1.36	1.8 1.06	1.0 0.68	1.2 0.62	1.4 0.81
50	1.4 0.66	1.3 0.78	1.6 1.09	1.8 1.21	1.9 1.14	1.4 1.06	1.2 1.12	2.0 1.33	2.8 1.52	2.2 1.18	1.3 0.74	1.4 0.64	1.7 0.88
100	1.7 0.69	1.6 0.83	1.9 1.15	2.2 1.28	2.3 1.21	1.6 1.12	1.5 1.18	2.4 1.41	3.3 1.62	2.6 1.25	1.6 0.78	1.6 0.68	2.1 0.95
200	1.9 0.68	2.0 0.80	2.3 1.10	2.7 1.23	2.8 1.16	2.0 1.07	1.8 1.13	3.0 1.35	4.1 1.54	3.3 1.20	1.9 0.75	1.9 0.66	2.5 0.94
Freq	7.1	6.8	7.8	9.0	8.6	7.6	7.2	10.1	12.7	9.1	6.8	7.1	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	0.8 0.59	0.5 0.59	0.8 0.87	1.0 0.97	1.0 0.90	0.8 0.95	0.8 1.02	1.2 1.11	1.8 1.28	1.1 0.90	0.5 0.55	0.9 0.60	0.9 0.75
25	1.0 0.61	0.6 0.62	1.0 0.92	1.3 1.03	1.3 0.96	1.0 1.02	1.0 1.09	1.5 1.18	2.2 1.37	1.4 0.95	0.6 0.58	1.1 0.62	1.2 0.78
50	1.1 0.63	0.8 0.67	1.3 1.01	1.6 1.13	1.6 1.05	1.3 1.12	1.2 1.20	1.9 1.30	2.6 1.51	1.8 1.04	0.8 0.62	1.3 0.63	1.4 0.83
100	1.4 0.67	1.0 0.72	1.5 1.10	1.9 1.23	2.0 1.14	1.5 1.22	1.5 1.31	2.3 1.42	3.1 1.66	2.2 1.14	1.0 0.67	1.5 0.67	1.8 0.91
200	1.6 0.65	1.2 0.70	1.9 1.05	2.3 1.18	2.4 1.10	1.9 1.17	1.8 1.26	2.8 1.37	3.8 1.59	2.6 1.10	1.2 0.65	1.7 0.66	2.2 0.90
Freq	7.1	6.8	7.9	9.1	8.5	7.5	7.2	10.5	12.9	8.6	6.6	7.2	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	0.6 0.60	0.7 0.80	0.8 1.05	0.9 1.02	0.8 0.90	0.8 1.19	0.8 1.21	1.0 1.15	1.4 1.31	0.8 0.85	0.5 0.59	0.7 0.62	0.8 0.79
25	0.8 0.61	0.9 0.83	1.1 1.10	1.2 1.08	1.1 0.95	1.1 1.26	1.1 1.27	1.4 1.21	1.9 1.38	1.1 0.89	0.6 0.62	1.0 0.63	1.1 0.83
50	1.0 0.63	1.2 0.90	1.4 1.19	1.5 1.17	1.4 1.02	1.3 1.37	1.3 1.38	1.7 1.31	2.3 1.50	1.4 0.95	0.8 0.65	1.2 0.65	1.4 0.87
100	1.2 0.66	1.5 1.01	1.7 1.35	1.8 1.32	1.8 1.16	1.6 1.55	1.6 1.57	2.1 1.49	2.8 1.71	1.7 1.07	1.1 0.73	1.5 0.68	1.7 0.96
200	1.5 0.67	1.8 0.98	2.1 1.30	2.2 1.27	2.1 1.12	1.9 1.49	1.9 1.51	2.6 1.44	3.4 1.65	2.1 1.04	1.3 0.70	1.7 0.69	2.1 0.97
Freq	7.2	6.8	8.2	9.1	8.5	7.4	7.4	10.9	12.8	8.1	6.5	7.1	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	1.9	32	1.3	17	1.1	11	0.9	5
25	2.0	39	1.6	24	1.3	18	1.2	11
50	2.2	46	1.8	29	1.6	23	1.5	16
100	2.4	60	2.1	39	1.9	29	1.7	21
200	2.6	87	2.6	75	2.3	55	2.1	37

Monte Arci

39° 45' 00" N 08° 48' 00" E UTM 32 E 482865 m N 4400104 m 780 m s.l.m.

A 17 km dal golfo di Oristano nella parte SO della Sardegna, la stazione é situata su di un ampio altipiano, in cima ad una collina, all'estremitá meridionale di una vasta regione montagnosa. Nei settori S-O l'altipiano scende ripidamente verso la pianura del Campidano. Il terreno é aperto ma con presenza di massi, cespugli bassi e piccoli alberi.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.05											34	-2
30	0.05											35	3
60	0.05											44	4
90	0.05											53	2
120	0.05											52	-2
150	0.05											43	-4
180	0.05											34	-2
210	0.05											35	3
240	0.05											44	4
270	0.05											53	2
300	0.05											52	-2
330	0.05											43	-4

Altezza dell'anemometro: 15.0 m s.l.s. Periodo: 80062212-85042309

Sett	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.5	89	157	170	147	139	104	40	50	41	28	30	0	6	0	4.5	1.46
30	3.8	94	114	114	151	104	115	95	41	33	74	46	9	9	0	5.5	1.54
60	2.8	101	105	138	140	152	154	66	66	52	15	11	0	0	0	4.9	2.04
90	2.8	89	115	133	106	86	99	83	55	73	80	33	14	25	9	6.1	1.50
120	10.5	21	37	52	58	68	65	76	71	103	126	126	55	64	79	10.1	1.89
150	10.9	26	51	98	88	128	115	128	88	72	111	56	20	12	8	7.1	1.93
180	0.7	65	145	190	159	168	31	95	43	46	56	0	0	0	0	4.5	1.57
210	4.9	60	72	154	161	156	103	128	80	47	21	9	9	0	0	5.2	1.93
240	8.5	75	133	180	179	129	101	65	49	38	38	13	0	0	0	4.5	1.60
270	13.0	41	85	125	141	158	115	95	51	41	70	47	14	15	4	5.8	1.49
300	26.5	27	51	84	111	121	109	91	81	74	120	58	38	22	14	7.4	1.73
330	10.2	74	94	164	193	144	124	74	54	33	37	7	3	0	0	4.8	1.76
Tbtali	100.0	49	78	117	128	126	107	88	67	60	82	48	21	17	14	6.3	1.49

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	7.8	5.3	6.5	5.8	5.2	5.1	5.0	4.7	5.0	6.9	5.2	7.0	5.7
3	8.1	5.2	6.6	5.9	5.4	5.2	5.2	4.7	5.3	7.0	5.2	6.9	5.8
6	8.3	5.3	6.7	5.8	5.3	4.8	5.1	4.5	5.0	6.7	5.0	6.7	5.7
9	8.5	5.5	6.2	5.6	5.7	4.7	5.1	4.0	4.8	6.6	5.2	6.5	5.6
12	8.5	5.4	6.3	5.8	6.1	5.0	5.9	5.2	5.2	6.7	4.9	6.8	5.9
15	8.2	5.2	6.3	5.6	6.2	5.2	5.6	5.7	5.6	6.7	5.0	6.5	5.9
18	8.2	5.2	6.3	5.5	5.4	5.2	5.0	4.6	4.8	6.5	4.8	6.5	5.6
21	8.3	5.5	6.2	5.6	5.7	5.1	5.2	4.2	4.8	6.6	5.2	6.9	5.7
Giorno	8.2	5.3	6.4	5.7	5.6	5.0	5.3	4.7	5.0	6.7	5.1	6.7	5.7

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.9 1.76	5.3 1.72	5.1 1.91	5.3 1.76	9.1 2.12	7.7 2.07	6.8 2.05	5.5 2.15	4.8 1.88	5.2 1.74	6.6 1.94	5.8 1.81	6.2 1.76
25	5.4 1.81	5.8 1.77	5.6 1.97	5.8 1.81	9.9 2.16	8.5 2.13	7.5 2.11	6.0 2.22	5.2 1.94	5.7 1.79	7.3 2.00	6.3 1.87	6.7 1.81
50	5.8 1.86	6.2 1.82	6.0 2.02	6.3 1.86	10.6 2.22	9.1 2.19	8.0 2.17	6.5 2.28	5.6 1.99	6.1 1.84	7.8 2.06	6.8 1.91	7.2 1.85
100	6.3 1.80	6.7 1.76	6.5 1.96	6.8 1.80	11.4 2.17	9.9 2.13	8.7 2.10	7.0 2.20	6.1 1.93	6.6 1.78	8.5 1.99	7.4 1.85	7.8 1.81
200	6.9 1.71	7.4 1.67	7.2 1.86	7.5 1.71	12.4 2.10	10.9 2.01	9.6 1.99	7.8 2.09	6.7 1.83	7.3 1.69	9.4 1.88	8.1 1.76	8.6 1.73
Freq	8.2	4.9	3.2	2.6	7.6	10.3	4.4	4.6	7.9	10.9	20.3	15.1	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.3 1.46	3.8 1.49	3.4 1.76	3.8 1.46	6.5 1.88	5.1 1.77	4.5 1.68	3.7 1.85	3.2 1.53	3.7 1.48	4.7 1.67	3.7 1.51	4.3 1.53
25	4.0 1.57	4.6 1.60	4.1 1.90	4.6 1.58	7.7 1.98	6.1 1.91	5.4 1.81	4.5 1.99	3.8 1.65	4.4 1.60	5.7 1.81	4.4 1.63	5.1 1.63
50	4.7 1.76	5.4 1.80	4.7 2.13	5.3 1.77	8.8 2.13	7.0 2.15	6.3 2.04	5.2 2.24	4.5 1.85	5.2 1.79	6.6 2.03	5.1 1.83	5.9 1.79
100	5.6 1.87	6.4 1.92	5.6 2.27	6.4 1.88	10.1 2.29	8.4 2.29	7.5 2.17	6.2 2.39	5.3 1.97	6.2 1.91	7.8 2.16	6.1 1.94	7.1 1.91
200	6.9 1.79	8.0 1.83	7.0 2.17	7.9 1.79	12.0 2.21	10.4 2.18	9.3 2.07	7.7 2.28	6.6 1.88	7.7 1.82	9.7 2.06	7.6 1.86	8.7 1.86
Freq	6.8	4.2	2.8	2.5	9.2	10.8	2.2	5.6	8.8	11.6	23.3	12.3	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.9 1.48	3.4 1.50	3.0 1.74	3.7 1.46	5.6 1.84	4.4 1.75	3.8 1.66	3.2 1.79	2.8 1.54	3.3 1.46	4.1 1.68	3.1 1.50	3.7 1.52
25	3.6 1.57	4.2 1.61	3.7 1.87	4.6 1.56	6.8 1.92	5.4 1.87	4.7 1.78	3.9 1.92	3.5 1.65	4.1 1.56	5.1 1.80	3.9 1.60	4.6 1.61
50	4.3 1.74	5.0 1.77	4.3 2.06	5.5 1.73	7.9 2.05	6.3 2.07	5.5 1.97	4.6 2.12	4.1 1.82	4.8 1.73	6.0 1.99	4.6 1.77	5.4 1.76
100	5.2 1.91	6.0 1.95	5.2 2.27	6.6 1.89	9.1 2.25	7.6 2.28	6.6 2.16	5.5 2.33	5.0 2.00	5.8 1.90	7.2 2.19	5.5 1.94	6.5 1.92
200	6.3 1.83	7.3 1.87	6.4 2.17	8.1 1.81	10.9 2.17	9.3 2.18	8.1 2.07	6.8 2.23	6.1 1.92	7.1 1.82	8.8 2.09	6.8 1.86	7.9 1.87
Freq	6.5	4.0	2.8	2.9	9.4	10.4	2.1	6.0	9.1	12.3	23.0	11.6	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.3 1.49	2.6 1.51	2.4 1.69	3.4 1.54	4.2 1.81	3.5 1.79	2.8 1.69	2.5 1.76	2.3 1.51	2.8 1.54	3.2 1.66	2.5 1.54	2.9 1.54
25	3.1 1.58	3.5 1.60	3.2 1.79	4.5 1.63	5.5 1.88	4.6 1.90	3.8 1.79	3.3 1.87	3.0 1.60	3.6 1.63	4.2 1.76	3.3 1.63	3.9 1.62
50	3.8 1.71	4.3 1.73	3.8 1.94	5.4 1.76	6.6 1.99	5.6 2.06	4.6 1.95	3.9 2.03	3.7 1.74	4.4 1.77	5.1 1.91	4.0 1.77	4.7 1.74
100	4.6 1.94	5.2 1.97	4.6 2.21	6.5 1.99	7.9 2.20	6.7 2.35	5.5 2.22	4.7 2.31	4.4 1.98	5.4 2.02	6.2 2.17	4.9 2.02	5.7 1.94
200	5.6 1.87	6.3 1.90	5.6 2.13	7.9 1.92	9.4 2.17	8.2 2.26	6.7 2.14	5.8 2.22	5.4 1.91	6.6 1.94	7.5 2.10	5.9 1.94	6.9 1.90
Freq	6.1	3.9	2.7	3.7	9.7	9.2	2.6	6.5	9.4	13.8	21.5	10.9	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.5	221	3.8	91	3.3	60	2.6	29
25	6.0	280	4.6	143	4.1	104	3.5	62
50	6.4	338	5.3	194	4.8	150	4.2	100
100	7.0	441	6.3	300	5.7	229	5.0	153
200	7.7	623	7.7	586	7.0	436	6.1	284

Olbia

40° 56' 00" N 09° 30' 00" E UTM 32 E 542095 m N 4531556 m 2 m s.l.m.

La stazione é situata nell'aeroporto di Olbia, circa 6 km a S dalla città, sulla costa nord orientale della Sardegna. La stazione é all'imbocco della valle del fiume Padrogiano, orientata O-SO-E-NE. I massicci montuosi che incorniciano la valle raggiungono quote maggiori di 1000 m. Il mare dista circa 8 km in direzione NE.

Sett	z_{01}	x_1	z_{02}	x_2	z_{03}	x_3	z_{04}	x_4	z_{05}	x_5	z_{06}	Perc	Grad
0	0.03	1000	0.05	3000	0.15							3	-1
30	0.03	1000	0.05	8000	0.01							-2	-5
60	0.03	1000	0.05	4000	0.15	8000	0.00					-11	-4
90	0.03	1000	0.05	4000	0.15	13000	0.00					-14	1
120	0.03	1000	0.05	3000	0.15							-8	5
150	0.03	1000	0.05	3000	0.15								4
180	0.03	1000	0.05	3000	0.15							3	-1
210	0.03	1000	0.05	3000	0.15							-2	-5
240	0.03	1000	0.05	3000	0.10							-11	-4
270	0.03	1000	0.05	3000	0.10							-14	1
300	0.03	1000	0.05	3000	0.10							-8	5
330	0.03	1000	0.05	3000	0.15								4

Altezza dell'anemometro: 10.0 m s.l.s.

Periodo: 59010100-68123121

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.9	528	17	37	45	41	53	56	44	28	75	39	18	14	4	3.9	1.01
30	5.8	511	26	53	64	62	57	53	50	23	56	29	12	3	1	3.5	1.04
60	8.1	385	44	71	104	95	93	78	49	33	34	10	3	0	0	4.1	1.42
90	16.1	191	39	85	124	130	133	112	69	38	50	19	7	2	0	5.4	1.87
120	5.9	537	47	72	71	58	49	39	36	27	41	18	4	1	0	2.7	0.95
150	3.3	929	25	20	8	5	3	4	2	0	2	2	0	0	0	0.6	0.71
180	3.7	867	41	36	29	17	4	4	1	0	1	0	0	0	0	0.6	0.71
210	5.4	599	89	127	84	39	27	17	6	4	6	2	0	0	0	1.5	0.90
240	12.4	238	69	140	128	106	75	58	54	34	58	24	7	5	2	4.5	1.31
270	21.4	147	53	86	89	74	71	81	81	59	136	67	28	16	11	7.2	1.74
300	7.5	423	65	82	81	62	60	63	34	39	53	26	7	3	0	3.6	1.11
330	4.6	673	35	67	57	36	34	26	28	7	23	10	2	2	0	1.5	0.73
Totali	100.0	373	49	83	88	76	71	65	51	34	63	29	11	6	3	4.3	1.21

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.0	2.9	3.2	2.3	1.9	1.5	1.7	1.8	1.4	1.7	2.4	3.2	2.2
3	3.0	2.9	2.9	2.1	1.9	1.4	1.6	1.6	1.2	1.7	2.3	3.0	2.1
6	2.9	2.6	2.8	2.2	2.0	1.6	1.8	1.7	1.2	1.5	2.0	2.9	2.1
9	3.2	3.2	4.5	4.3	4.6	4.7	4.8	4.4	3.3	2.4	2.8	3.4	3.8
12	5.1	5.4	6.7	7.0	6.8	6.9	7.4	7.4	6.5	5.3	4.7	5.1	6.2
15	5.4	6.3	7.2	7.1	7.0	6.9	7.4	7.4	6.4	5.3	4.8	5.2	6.4
18	3.3	4.0	4.8	4.8	4.8	5.2	5.6	5.3	3.7	2.5	2.6	3.4	4.2
21	3.3	3.2	3.4	2.6	2.4	2.2	2.2	2.3	1.5	1.8	2.3	3.4	2.5
Giorno	3.6	3.8	4.5	4.0	3.9	3.8	4.1	4.0	3.1	2.8	3.0	3.7	3.7

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	4.8	5.4	5.7	8.1	7.0	1.2	1.0	1.9	6.6	11.0	8.7	3.7	6.9
	1.00	1.13	1.28	1.73	1.54	0.62	0.84	0.91	1.33	1.66	1.40	0.95	1.23
25	5.3	5.9	6.3	8.8	7.7	1.3	1.2	2.1	7.2	11.9	9.5	4.1	7.5
	1.01	1.15	1.31	1.76	1.58	0.62	0.87	0.93	1.34	1.67	1.41	0.96	1.24
50	5.6	6.3	6.8	9.4	8.2	1.4	1.3	2.3	7.7	12.7	10.1	4.4	8.0
	1.02	1.17	1.35	1.81	1.62	0.63	0.88	0.95	1.37	1.69	1.43	0.99	1.26
100	6.0	6.7	7.3	10.1	8.8	1.5	1.4	2.4	8.3	13.5	10.7	4.7	8.6
	1.02	1.16	1.31	1.77	1.59	0.63	0.86	0.93	1.36	1.69	1.43	0.97	1.26
200	6.4	7.2	7.9	11.0	9.5	1.6	1.5	2.6	8.9	14.3	11.4	5.0	9.2
	1.00	1.13	1.26	1.71	1.53	0.62	0.82	0.88	1.32	1.67	1.41	0.95	1.24
Freq	4.8	5.3	7.5	14.6	9.1	3.9	3.1	4.3	10.3	19.9	11.8	5.2	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	3.9	3.6	3.9	5.8	3.3	0.3	0.6	1.5	5.0	8.4	4.5	1.8	4.8
	0.99	1.03	1.14	1.56	1.00	0.49	0.70	0.87	1.27	1.66	1.12	0.76	1.14
25	4.6	4.3	4.8	6.9	4.0	0.4	0.8	1.9	5.9	9.8	5.3	2.2	5.7
	1.02	1.07	1.21	1.64	1.04	0.51	0.75	0.93	1.31	1.69	1.15	0.79	1.17
50	5.2	5.0	5.6	7.9	4.6	0.5	0.9	2.3	6.7	10.9	6.0	2.6	6.5
	1.05	1.13	1.34	1.77	1.10	0.55	0.82	1.03	1.38	1.73	1.19	0.83	1.22
100	5.9	5.8	6.6	9.1	5.4	0.7	1.1	2.8	7.7	12.1	6.9	3.1	7.4
	1.12	1.21	1.43	1.90	1.18	0.58	0.87	1.09	1.49	1.81	1.27	0.88	1.28
200	6.7	6.7	8.1	10.9	6.3	0.8	1.4	3.4	8.9	13.6	7.9	3.6	8.6
	1.10	1.17	1.37	1.84	1.15	0.56	0.83	1.04	1.44	1.80	1.24	0.86	1.28
Freq	5.0	5.4	8.3	16.6	6.4	3.2	3.2	4.8	12.1	22.2	8.3	4.4	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	3.5	3.2	3.5	5.1	2.3	0.7	0.6	1.5	4.5	7.3	3.3	1.5	4.2
	1.02	1.05	1.17	1.56	0.88	0.75	0.74	0.87	1.27	1.67	1.06	0.75	1.14
25	4.2	3.9	4.4	6.2	2.9	0.9	0.8	2.0	5.5	8.8	4.1	1.9	5.1
	1.04	1.09	1.24	1.63	0.90	0.80	0.78	0.92	1.31	1.70	1.09	0.77	1.17
50	4.9	4.6	5.3	7.2	3.4	1.1	1.0	2.4	6.3	10.0	4.8	2.3	5.9
	1.07	1.14	1.35	1.75	0.95	0.87	0.85	1.00	1.37	1.74	1.14	0.81	1.21
100	5.7	5.4	6.3	8.4	4.0	1.3	1.2	3.0	7.3	11.3	5.6	2.8	6.9
	1.14	1.24	1.48	1.92	1.02	0.94	0.92	1.09	1.48	1.81	1.24	0.87	1.28
200	6.5	6.3	7.6	10.0	4.7	1.6	1.5	3.6	8.4	12.8	6.5	3.2	8.0
	1.13	1.21	1.42	1.85	1.00	0.90	0.88	1.05	1.45	1.83	1.21	0.85	1.29
Freq	5.1	5.5	8.7	16.8	5.7	3.0	3.2	5.1	12.7	22.5	7.3	4.3	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	2.7	2.6	3.0	3.9	1.7	0.7	0.7	1.7	3.9	5.7	2.6	1.4	3.3
	1.03	1.11	1.25	1.54	0.85	0.89	0.82	0.94	1.30	1.66	1.05	0.77	1.15
25	3.5	3.5	4.0	5.1	2.3	0.9	0.9	2.3	5.0	7.3	3.4	1.8	4.3
	1.05	1.14	1.31	1.60	0.87	0.94	0.86	0.98	1.33	1.68	1.08	0.80	1.18
50	4.2	4.2	4.9	6.2	2.7	1.2	1.2	2.9	6.0	8.6	4.0	2.2	5.2
	1.08	1.20	1.40	1.69	0.90	1.01	0.92	1.04	1.37	1.71	1.12	0.82	1.22
100	5.0	5.0	5.9	7.3	3.3	1.5	1.5	3.6	7.0	10.0	4.8	2.7	6.1
	1.13	1.30	1.57	1.85	0.96	1.14	1.04	1.17	1.44	1.77	1.19	0.87	1.28
200	5.8	5.9	7.1	8.7	3.9	1.8	1.8	4.3	8.1	11.5	5.7	3.2	7.2
	1.15	1.29	1.53	1.84	0.97	1.10	1.00	1.14	1.47	1.81	1.20	0.88	1.30
Freq	5.1	5.9	9.8	15.4	5.4	3.0	3.5	6.0	13.9	20.7	6.9	4.3	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.4	622	4.6	262	4.0	173	3.2	82
25	7.0	785	5.4	402	4.9	294	4.1	173
50	7.5	929	6.1	530	5.6	412	4.9	271
100	8.0	1133	6.9	701	6.4	560	5.7	397
200	8.6	1447	8.0	1095	7.4	871	6.7	618

Pisa

43° 41' 00" N 10° 23' 00" E UTM 32 E 611501 m N 4837720 m 2 m s.l.m.

La stazione é collocata all'interno dell'aeroporto di Pisa S.Giusto a circa 4 km in direzione NO dal centro della città. Nella stessa direzione ma a 25–30 km di distanza si trovano gli Appennini. Il terreno intorno al palo dell'anemometro é piuttosto piatto e coperto da erba e cespugli. La stazione aeroportuale é situata nei settori O–NO a circa 2 km di distanza dall'anemometro. A circa 300-m dall'anemometro c'è una piccola pineta.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.03	2000	0.50										
30	0.03	2000	0.40										
60	0.03	2000	0.40										
90	0.03	2000	0.40										
120	0.03	1000	0.05	1500	0.40								
150	0.03	500	0.30										
180	0.03	500	0.30										
210	0.03	1800	0.30										
240	0.03	2000	0.40										
270	0.03	2000	0.30										
300	0.03	2000	0.30										
330	0.03	900	0.50	1100	0.30								

Altezza dell'anemometro: 6.0 m s.l.s. Periodo: 65010103–75123121

Sett	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	4.5	878	37	29	24	13	6	5	4	2	2	0	0	0	0	0.5	0.64
30	5.1	750	60	52	39	26	19	20	12	9	8	4	1	0	0	0.7	0.61
60	7.6	530	84	84	75	52	48	39	41	20	21	5	1	0	0	2.3	0.95
90	20.1	225	136	183	167	108	80	53	25	13	8	1	0	0	0	3.5	1.60
120	12.2	376	168	189	147	70	33	12	5	1	0	0	0	0	0	2.4	1.47
150	5.3	744	81	80	39	25	13	8	3	3	2	2	0	0	0	0.7	0.66
180	4.6	807	32	36	21	25	24	21	13	10	6	4	1	0	0	0.5	0.53
210	5.9	642	48	65	63	53	39	33	22	14	17	4	1	0	0	1.6	0.81
240	10.0	400	53	90	98	78	60	65	52	35	41	20	6	2	0	3.8	1.20
270	11.6	373	100	155	166	98	45	28	16	8	8	2	1	0	0	2.9	1.39
300	8.2	505	98	144	141	74	19	8	5	3	2	0	0	0	0	2.0	1.21
330	4.8	760	73	76	46	26	12	3	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0.66
Totali	100.0	485	96	123	110	68	42	30	19	11	10	4	1	0	0	2.4	1.07

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	1.8	2.1	1.7	1.2	0.7	0.5	0.4	0.6	0.8	1.1	2.0	1.8	1.2
3	1.9	2.1	1.7	1.3	0.6	0.6	0.5	0.5	1.0	1.1	2.0	1.8	1.2
6	1.8	2.3	1.9	1.4	0.9	1.0	0.8	0.8	1.0	1.2	2.2	1.9	1.4
9	2.4	3.1	3.2	2.8	2.1	2.0	1.9	2.1	2.6	2.6	3.0	2.6	2.5
12	3.2	3.8	3.9	3.7	3.4	3.4	3.5	3.4	2.9	2.6	3.4	3.0	3.3
15	2.6	3.6	4.0	4.1	3.7	3.6	3.8	3.8	3.3	2.7	2.6	2.6	3.4
18	1.8	2.0	1.6	1.9	1.5	1.8	2.0	1.5	0.8	0.8	1.8	2.0	1.6
21	1.8	2.1	1.6	1.2	0.6	0.4	0.3	0.5	0.8	1.0	1.9	1.8	1.2
Giorno	2.2	2.6	2.5	2.2	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.6	2.4	2.2	2.0

Classe di rugosità 0

<i>z</i>	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	1.5 0.87	1.1 0.63	3.3 0.95	6.0 1.77	5.2 1.80	3.3 1.33	1.2 0.64	2.3 0.80	5.7 1.22	5.7 1.46	4.3 1.56	2.5 1.12	4.1 1.18
25	1.6 0.89	1.2 0.64	3.6 0.97	6.5 1.82	5.7 1.86	3.6 1.37	1.3 0.65	2.5 0.81	6.3 1.24	6.2 1.50	4.8 1.61	2.8 1.15	4.5 1.21
50	1.8 0.91	1.3 0.66	3.9 0.99	7.0 1.87	6.1 1.91	3.9 1.40	1.4 0.67	2.7 0.83	6.7 1.26	6.7 1.54	5.1 1.65	3.0 1.17	4.9 1.23
100	1.9 0.88	1.4 0.65	4.2 0.98	7.6 1.81	6.7 1.85	4.2 1.36	1.5 0.66	2.9 0.81	7.2 1.25	7.2 1.50	5.6 1.60	3.2 1.14	5.2 1.21
200	2.0 0.84	1.4 0.63	4.5 0.94	8.4 1.72	7.3 1.75	4.6 1.29	1.6 0.64	3.0 0.79	7.7 1.21	7.9 1.42	6.1 1.51	3.5 1.08	5.7 1.17
Freq	4.6	4.9	6.6	14.8	15.4	8.3	4.9	5.4	8.4	10.8	9.6	6.3	100.0

Classe di rugosità 1

<i>z</i>	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	0.8 0.68	1.0 0.65	2.6 0.92	4.2 1.58	3.2 1.48	1.7 0.92	1.0 0.63	1.8 0.77	4.4 1.17	3.7 1.32	2.7 1.25	1.4 0.88	2.8 1.05
25	0.9 0.72	1.3 0.68	3.1 0.96	5.1 1.70	3.9 1.59	2.1 0.99	1.2 0.65	2.2 0.81	5.2 1.21	4.4 1.42	3.2 1.35	1.7 0.94	3.4 1.11
50	1.2 0.79	1.5 0.73	3.7 1.03	5.9 1.91	4.6 1.78	2.5 1.10	1.4 0.69	2.6 0.87	5.9 1.27	5.2 1.59	3.8 1.51	2.1 1.04	4.0 1.20
100	1.5 0.83	1.9 0.77	4.3 1.10	7.0 2.03	5.4 1.90	3.1 1.17	1.7 0.73	3.1 0.92	6.8 1.37	6.2 1.69	4.5 1.60	2.5 1.10	4.8 1.28
200	1.8 0.80	2.2 0.75	5.1 1.06	8.7 1.94	6.7 1.81	3.8 1.12	2.0 0.71	3.6 0.89	7.9 1.33	7.7 1.62	5.6 1.53	3.1 1.06	5.8 1.25
Freq	4.6	5.0	7.2	18.0	13.5	6.5	4.8	5.7	9.3	11.3	8.8	5.4	100.0

Classe di rugosità 2

<i>z</i>	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	0.5 0.62	0.8 0.62	2.3 0.94	3.7 1.60	2.7 1.47	1.2 0.83	0.7 0.60	1.6 0.80	3.9 1.19	3.1 1.35	2.2 1.25	0.9 0.77	2.4 1.04
25	0.7 0.65	1.0 0.64	2.9 0.98	4.6 1.71	3.3 1.56	1.6 0.87	0.9 0.61	2.0 0.83	4.8 1.23	3.9 1.45	2.8 1.33	1.2 0.82	3.0 1.09
50	0.9 0.70	1.2 0.67	3.5 1.04	5.4 1.89	4.0 1.73	1.9 0.95	1.1 0.63	2.5 0.88	5.6 1.29	4.6 1.60	3.3 1.47	1.5 0.89	3.6 1.16
100	1.1 0.76	1.5 0.73	4.2 1.14	6.4 2.07	4.7 1.90	2.4 1.04	1.4 0.68	3.0 0.95	6.5 1.40	5.5 1.75	4.0 1.61	1.9 0.97	4.3 1.26
200	1.3 0.73	1.8 0.70	4.9 1.10	7.9 1.98	5.8 1.82	2.9 1.00	1.6 0.67	3.5 0.92	7.6 1.36	6.8 1.68	4.9 1.54	2.3 0.93	5.2 1.23
Freq	4.5	5.1	7.4	19.1	12.8	5.9	4.7	5.8	9.7	11.5	8.5	5.1	100.0

Classe di rugosità 3

<i>z</i>	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	0.6 0.74	0.7 0.64	2.1 1.03	2.9 1.63	2.0 1.45	0.6 0.67	0.5 0.56	1.5 0.85	3.1 1.20	2.4 1.40	1.6 1.20	0.6 0.71	1.9 1.04
25	0.9 0.77	1.0 0.66	2.8 1.08	3.8 1.73	2.6 1.53	0.9 0.70	0.6 0.57	2.0 0.88	4.1 1.24	3.2 1.49	2.2 1.27	0.8 0.75	2.5 1.08
50	1.1 0.83	1.2 0.69	3.4 1.15	4.7 1.87	3.2 1.67	1.1 0.75	0.8 0.58	2.4 0.92	4.8 1.29	3.9 1.61	2.7 1.37	1.1 0.80	3.1 1.14
100	1.4 0.92	1.5 0.74	4.2 1.28	5.6 2.13	3.9 1.89	1.4 0.83	1.0 0.61	3.0 1.01	5.8 1.38	4.7 1.83	3.3 1.56	1.4 0.89	3.8 1.24
200	1.7 0.90	1.8 0.74	5.0 1.25	6.9 2.05	4.8 1.83	1.7 0.81	1.2 0.62	3.6 0.99	6.8 1.39	5.8 1.76	4.0 1.50	1.7 0.87	4.6 1.24
Freq	4.5	5.2	8.2	19.7	11.8	5.3	4.7	6.1	10.1	11.4	8.0	4.8	100.0

<i>z</i>	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	3.9	146	2.7	67	2.4	44	1.9	21
25	4.2	184	3.3	100	2.9	74	2.4	44
50	4.5	217	3.8	130	3.4	102	2.9	69
100	4.9	283	4.4	187	4.0	145	3.5	100
200	5.4	401	5.4	360	4.9	271	4.3	177

40° 55' 00" N	12° 57' 00" E	UTM 33	E 327361 m	N 4531608 m	184 m s.l.m.
---------------	---------------	--------	------------	-------------	--------------

La stazione é situata sulla isola montagnosa di Ponza a circa 35 km dalla costa tirrenica dell' Italia centrale. L'isola é coperta da alta vegetazione . L'anemometro é collocato in cima ad una collina su una costruzione con dimensioni 25 x 17 x 4.5 m.

[illegible]

Periodo: 65010100-74123121

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	2.3	636	74	78	81	46	31	16	11	10	8	3	1	3	2	1.4	0.75
30	2.0	719	88	64	35	36	16	13	9	0	9	5	2	2	2	0.8	0.59
60	5.7	267	92	107	138	132	84	68	57	21	27	4	1	2	0	4.2	1.56
90	12.8	116	57	99	144	147	134	110	85	39	44	16	7	3	1	5.5	1.91
120	11.8	132	69	105	131	139	104	95	85	47	54	23	10	2	2	5.5	1.70
150	6.8	224	111	150	168	125	66	62	31	25	22	12	5	0	0	4.0	1.44
180	5.6	235	69	115	122	91	78	74	57	43	67	27	8	10	4	4.9	1.34
210	4.4	308	76	111	129	90	61	60	48	25	55	20	9	4	3	4.1	1.19
240	4.4	321	96	111	125	84	56	39	52	21	40	23	10	10	12	3.9	1.04
270	17.1	107	68	101	129	122	94	76	57	42	74	48	38	23	20	6.2	1.33
300	22.2	84	57	97	131	121	100	90	69	53	76	52	35	20	16	6.5	1.46
330	5.0	312	111	172	146	95	57	31	21	15	19	11	3	3	3	3.3	1.15
Totali	100.0	183	73	108	132	118	90	77	60	38	54	30	18	11	8	5.2	1.35

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	5.3	5.7	4.8	5.0	4.2	4.1	3.6	3.9	3.7	4.1	5.5	5.5	4.6
3	5.0	5.4	4.7	4.8	4.1	3.9	3.4	3.6	3.4	4.2	5.6	5.5	4.4
6	5.0	5.4	4.8	4.6	3.8	3.4	2.9	3.5	3.2	4.1	5.6	5.6	4.3
9	5.0	5.4	4.8	4.8	3.9	3.4	3.0	3.5	3.5	4.2	5.6	5.5	4.4
12	5.2	5.7	4.9	5.0	4.2	3.9	3.7	3.6	3.7	4.0	5.8	5.8	4.6
15	5.4	5.5	5.4	5.3	4.8	4.7	4.7	4.6	4.2	3.9	5.7	5.8	5.0
18	5.4	5.7	5.2	5.2	4.5	4.4	4.3	4.5	4.1	3.8	5.7	5.6	4.8
21	5.3	5.7	4.9	5.1	4.4	4.1	3.9	4.3	3.9	4.1	5.8	5.6	4.7
Giorno	5.2	5.6	4.9	5.0	4.2	4.0	3.7	3.9	3.7	4.0	5.7	5.6	4.6

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.2	3.8	5.5	3.9	3.6	3.7	6.1	6.5	5.1	4.2	4.2	4.2	4.5
	1.10	1.19	2.01	1.71	1.73	1.55	1.46	1.27	1.22	1.32	1.45	1.34	1.28
25	3.6	4.1	6.0	4.3	3.9	4.1	6.6	7.1	5.6	4.7	4.6	4.7	4.9
	1.14	1.23	2.07	1.76	1.78	1.60	1.49	1.29	1.25	1.36	1.49	1.38	1.31
50	3.9	4.5	6.5	4.6	4.2	4.4	7.1	7.6	6.1	5.0	4.9	5.0	5.3
	1.17	1.26	2.13	1.81	1.83	1.64	1.53	1.32	1.28	1.39	1.53	1.42	1.35
100	4.2	4.8	7.0	5.0	4.6	4.7	7.7	8.1	6.5	5.4	5.3	5.4	5.7
	1.13	1.23	2.06	1.75	1.77	1.59	1.49	1.31	1.25	1.35	1.48	1.37	1.32
200	4.5	5.3	7.8	5.5	5.1	5.2	8.3	8.7	7.1	5.9	5.9	5.9	6.3
	1.08	1.16	1.95	1.66	1.68	1.51	1.43	1.27	1.19	1.28	1.41	1.30	1.28
Freq	5.4	4.7	8.3	8.3	7.0	7.1	8.0	7.2	9.8	11.1	12.7	10.3	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.8	2.8	3.8	2.6	2.5	2.6	4.4	4.5	3.2	2.8	2.8	2.8	3.1
	0.86	1.10	1.74	1.59	1.45	1.22	1.29	1.15	1.07	1.15	1.23	1.11	1.13
25	2.2	3.4	4.6	3.1	3.0	3.2	5.3	5.3	4.0	3.4	3.5	3.5	3.7
	0.92	1.18	1.88	1.72	1.56	1.31	1.37	1.18	1.15	1.24	1.32	1.19	1.19
50	2.7	4.1	5.3	3.6	3.5	3.8	6.1	6.1	4.7	4.0	4.1	4.1	4.4
	1.02	1.32	2.12	1.93	1.76	1.47	1.48	1.24	1.29	1.39	1.48	1.33	1.31
100	3.3	4.9	6.3	4.3	4.2	4.5	7.2	7.0	5.7	4.8	4.9	4.9	5.2
	1.08	1.40	2.25	2.05	1.87	1.56	1.58	1.32	1.37	1.48	1.57	1.42	1.40
200	4.1	6.0	7.8	5.3	5.3	5.5	8.6	8.0	7.0	5.9	6.0	6.1	6.4
	1.03	1.34	2.15	1.96	1.79	1.49	1.52	1.29	1.31	1.41	1.50	1.35	1.37
Freq	4.5	5.1	9.2	7.8	6.8	7.0	8.3	7.5	10.5	11.3	12.6	9.3	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.6	2.7	3.2	2.2	2.2	2.4	3.9	3.8	2.7	2.5	2.5	2.5	2.7
	0.85	1.20	1.71	1.54	1.40	1.15	1.31	1.15	1.06	1.19	1.24	1.12	1.13
25	2.0	3.3	4.0	2.8	2.7	3.0	4.9	4.7	3.5	3.1	3.2	3.1	3.4
	0.90	1.28	1.83	1.65	1.49	1.23	1.37	1.18	1.13	1.27	1.32	1.20	1.20
50	2.5	4.0	4.7	3.3	3.2	3.6	5.7	5.4	4.2	3.7	3.8	3.8	4.0
	0.98	1.41	2.02	1.83	1.65	1.35	1.47	1.23	1.24	1.40	1.46	1.32	1.29
100	3.0	4.8	5.6	3.9	3.9	4.4	6.7	6.3	5.1	4.5	4.5	4.5	4.8
	1.07	1.55	2.22	2.01	1.81	1.48	1.61	1.33	1.36	1.54	1.60	1.44	1.42
200	3.7	5.9	6.9	4.8	4.8	5.3	8.0	7.3	6.2	5.5	5.6	5.6	5.9
	1.03	1.48	2.13	1.92	1.74	1.42	1.55	1.30	1.30	1.47	1.53	1.38	1.39
Freq	4.5	5.5	9.1	7.8	6.8	7.1	8.2	7.8	10.6	11.5	12.3	8.8	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.3	2.3	2.5	1.8	1.7	1.9	3.1	2.9	2.2	1.9	2.0	1.9	2.1
	0.85	1.33	1.68	1.52	1.40	1.06	1.29	1.15	1.09	1.17	1.21	1.08	1.13
25	1.8	3.0	3.3	2.3	2.3	2.6	4.1	3.8	2.9	2.6	2.6	2.5	2.8
	0.89	1.40	1.78	1.62	1.48	1.12	1.33	1.18	1.15	1.23	1.27	1.14	1.19
50	2.2	3.7	3.9	2.8	2.8	3.2	4.9	4.6	3.6	3.2	3.2	3.1	3.4
	0.96	1.52	1.94	1.75	1.60	1.21	1.41	1.23	1.24	1.33	1.38	1.23	1.27
100	2.8	4.5	4.8	3.4	3.4	4.0	5.9	5.5	4.4	3.9	4.0	3.8	4.2
	1.08	1.73	2.20	1.99	1.82	1.37	1.54	1.32	1.41	1.51	1.56	1.39	1.41
200	3.3	5.5	5.8	4.2	4.2	4.8	7.0	6.4	5.4	4.7	4.8	4.7	5.1
	1.04	1.66	2.12	1.92	1.76	1.33	1.53	1.33	1.36	1.46	1.51	1.35	1.40
Freq	4.5	6.0	9.1	7.6	6.9	7.2	8.0	8.3	10.8	11.8	11.8	8.1	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.2	154	2.9	70	2.6	46	2.0	22
25	4.5	193	3.5	105	3.2	77	2.7	46
50	4.9	229	4.0	135	3.7	106	3.2	71
100	5.3	298	4.7	196	4.4	151	3.8	103
200	5.8	425	5.8	379	5.3	285	4.7	187

San Gavino

40° 32' 00'' N 08° 47' 00'' E UTM 32 E 481649 m N 4487055 m 20 m s.l.m.

La stazione é situata 30 km dalla costa occidentale della Sardegna nella parte settentrionale della pianura del Campidano. La pianura del Campidano si estende in direzione NO–SE dalla costa O alla costa S. A 14 km di distanza, nei settori da 180° a 240°, si trova una regione montagnosa. Vicino alla stazione il terreno é aperto e pianeggiante con vegetazione bassa e cespugli ed alberi sparsi L'anemometro é situato a 2 m di distanza dalla stazione di trasformazione di potenza in direzione O: la costruzione ha dimensioni di circa 5×5×10 m. In direzione NO, a distanza di circa 200 m, sono presenti alcuni costruzioni. La città di S.Gavino si trova a circa 1 km di distanza.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.04	200	0.03										
30	0.03												
60	0.10												
90	0.03												
120	0.03												
150	0.03												
180	0.03												
210	0.03												
240	0.04												
270	0.40												
300	0.40												
330	0.07												

Altezza dell'anemometro: 15.0 m s.l.s. Periodo: 79121709–85010812

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	4.7	381	350	125	54	32	4	19	9	8	18	0	0	0	0	1.6	0.89
30	2.9	480	283	128	42	25	9	9	9	0	9	0	7	0	0	1.5	0.85
60	3.8	377	266	115	119	34	21	19	14	14	10	8	2	0	0	2.0	0.92
90	7.5	215	178	225	174	79	41	37	21	8	15	6	0	0	0	3.1	1.37
120	12.4	137	179	194	160	142	73	27	27	21	23	8	5	2	0	3.8	1.41
150	9.9	69	176	149	119	109	100	85	74	46	59	9	3	1	0	5.0	1.70
180	0.7	358	130	155	56	126	44	58	14	29	29	0	0	0	0	2.9	1.18
210	1.1	264	282	213	119	56	43	0	0	8	16	0	0	0	0	2.4	1.27
240	2.8	332	124	119	82	86	90	63	52	36	9	3	3	0	0	3.4	1.29
270	12.4	97	137	139	138	109	95	66	71	46	63	17	11	6	3	5.1	1.48
300	28.0	67	106	137	115	109	101	83	85	61	88	34	10	3	0	5.9	1.75
330	13.9	108	198	182	121	82	73	57	47	45	58	19	9	1	1	4.2	1.28
Tbtali	100.0	147	169	157	123	97	77	58	54	39	52	17	7	2	1	4.3	1.34

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.8	3.0	3.3	2.8	2.3	2.5	3.6	2.6	2.3	3.0	2.5	2.8	2.9
3	3.6	3.0	3.1	2.7	2.2	2.3	3.2	2.4	2.0	2.9	2.3	2.6	2.8
6	3.7	2.6	3.1	2.6	2.1	2.0	3.2	2.4	1.7	3.0	2.4	2.8	2.7
9	4.1	3.1	3.9	4.0	4.0	3.8	5.0	4.8	3.7	5.4	2.8	2.9	3.9
12	5.8	5.1	6.1	5.4	5.4	6.0	6.7	6.3	5.2	6.5	4.1	4.7	5.6
15	5.9	5.8	6.6	6.6	6.5	7.2	6.5	8.0	7.5	7.3	4.0	4.5	6.3
18	4.1	3.9	4.5	4.9	4.6	5.4	5.0	6.8	5.2	3.9	3.0	2.9	4.5
21	3.7	2.9	3.5	3.3	2.7	2.7	3.4	3.3	2.4	2.9	2.8	2.8	3.1
Giorno	4.4	3.7	4.2	4.0	3.7	4.0	4.6	4.6	3.7	4.4	3.0	3.3	4.0

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.1 1.13	2.3 1.00	2.7 1.06	4.1 1.51	4.9 1.59	6.0 1.77	5.9 1.79	3.4 1.40	4.7 1.48	9.1 1.54	10.6 1.83	8.1 1.54	6.9 1.34
25	4.5 1.17	2.5 1.03	3.0 1.09	4.5 1.55	5.4 1.64	6.6 1.83	6.5 1.84	3.8 1.45	5.1 1.52	9.9 1.56	11.5 1.85	8.8 1.56	7.5 1.35
50	4.8 1.19	2.7 1.06	3.3 1.11	4.8 1.60	5.8 1.69	7.1 1.88	7.0 1.89	4.1 1.48	5.5 1.56	10.5 1.58	12.2 1.87	9.4 1.60	8.1 1.38
100	5.2 1.16	2.9 1.02	3.5 1.08	5.2 1.54	6.3 1.63	7.7 1.82	7.6 1.83	4.4 1.44	5.9 1.51	11.2 1.58	13.0 1.87	10.0 1.58	8.6 1.38
200	5.7 1.11	3.1 0.98	3.8 1.03	5.8 1.47	7.0 1.55	8.4 1.73	8.4 1.73	4.8 1.37	6.5 1.43	11.9 1.55	13.9 1.83	10.8 1.54	9.4 1.37
Freq	7.3	3.5	3.5	6.4	11.0	10.8	3.4	1.0	2.3	9.5	23.4	18.1	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.6 0.83	1.4 0.85	1.8 0.89	2.9 1.33	3.5 1.37	4.5 1.62	3.3 1.27	2.2 1.23	3.2 1.26	6.6 1.46	7.6 1.71	4.6 1.28	4.8 1.23
25	2.0 0.88	1.8 0.91	2.2 0.95	3.5 1.43	4.2 1.47	5.4 1.74	4.0 1.37	2.7 1.32	3.9 1.35	7.7 1.49	8.9 1.76	5.5 1.34	5.7 1.28
50	2.5 0.98	2.2 1.01	2.7 1.06	4.1 1.60	4.9 1.65	6.3 1.96	4.7 1.53	3.2 1.48	4.6 1.51	8.7 1.54	10.0 1.82	6.3 1.44	6.5 1.34
100	3.0 1.03	2.6 1.07	3.3 1.13	4.9 1.71	5.9 1.76	7.5 2.08	5.6 1.63	3.8 1.57	5.5 1.61	9.8 1.65	11.2 1.94	7.3 1.54	7.6 1.43
200	3.7 0.99	3.2 1.02	4.0 1.08	6.1 1.63	7.3 1.68	9.3 1.99	6.9 1.56	4.8 1.50	6.8 1.54	11.1 1.61	12.7 1.90	8.7 1.49	9.0 1.45
Freq	5.1	3.0	3.8	7.3	12.2	10.0	1.1	1.1	2.7	11.7	27.0	15.0	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.5 0.94	1.3 0.87	1.8 0.98	2.6 1.35	3.1 1.39	4.0 1.66	2.4 1.18	2.0 1.19	3.2 1.24	5.8 1.47	6.6 1.71	3.7 1.27	4.2 1.25
25	1.9 1.00	1.7 0.92	2.3 1.04	3.3 1.44	3.9 1.48	5.0 1.77	3.0 1.26	2.5 1.27	3.9 1.32	7.0 1.51	7.9 1.75	4.6 1.34	5.2 1.29
50	2.3 1.10	2.0 1.01	2.7 1.15	3.9 1.60	4.6 1.63	5.8 1.96	3.6 1.39	3.0 1.40	4.7 1.46	8.0 1.55	9.1 1.81	5.4 1.44	6.0 1.35
100	2.8 1.20	2.5 1.10	3.3 1.25	4.6 1.75	5.5 1.79	7.0 2.15	4.3 1.52	3.6 1.54	5.7 1.60	9.1 1.65	10.3 1.92	6.4 1.58	7.1 1.44
200	3.5 1.15	3.1 1.06	4.1 1.20	5.7 1.68	6.8 1.72	8.6 2.06	5.3 1.46	4.4 1.48	7.0 1.53	10.5 1.64	11.8 1.91	7.7 1.52	8.4 1.47
Freq	4.6	3.0	4.0	7.8	12.2	9.4	0.7	1.2	3.0	12.8	28.0	13.5	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	1.2 0.95	1.1 0.88	1.6 1.09	2.1 1.32	2.5 1.40	3.2 1.67	1.8 1.14	1.7 1.16	3.2 1.27	4.6 1.52	5.0 1.68	2.8 1.25	3.3 1.26
25	1.6 1.00	1.5 0.93	2.2 1.15	2.8 1.39	3.3 1.49	4.2 1.77	2.4 1.21	2.3 1.23	4.2 1.32	6.0 1.55	6.5 1.71	3.8 1.31	4.4 1.29
50	2.0 1.08	1.8 1.00	2.7 1.24	3.4 1.51	4.1 1.61	5.1 1.92	2.9 1.30	2.8 1.33	5.0 1.38	7.1 1.59	7.7 1.76	4.6 1.39	5.2 1.34
100	2.5 1.22	2.3 1.12	3.3 1.41	4.1 1.72	4.9 1.83	6.1 2.19	3.6 1.48	3.4 1.51	6.0 1.51	8.3 1.67	9.0 1.85	5.5 1.55	6.2 1.42
200	3.0 1.18	2.8 1.09	4.0 1.36	5.0 1.65	6.0 1.77	7.5 2.11	4.3 1.42	4.1 1.45	7.1 1.51	9.6 1.71	10.4 1.89	6.6 1.52	7.4 1.46
Freq	4.3	3.1	4.5	8.4	11.8	8.2	0.8	1.4	4.1	14.6	26.4	12.4	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.3	508	4.5	212	3.9	139	3.1	66
25	6.9	645	5.3	326	4.8	238	4.0	140
50	7.4	763	6.0	435	5.5	337	4.8	222
100	7.9	940	6.9	586	6.4	469	5.7	330
200	8.6	1211	8.1	941	7.6	748	6.7	523

San Gilla

39° 13' 00" N 09° 06' 00" E UTM 32 E 508633 m N 4340899 m 1 m s.l.m.

La stazione é situata, su terreno aperto, nella Sardegna Meridionale a 7.5 km dalla città di Cagliari da cui é separata dallo stagno omonimo. Una zona montagnosa con punte di 300–800 m di quota é situata a circa 12 km nei settori S–O. Vicino la stazione si ha il mare da N a S, siepi da S ad O e saline da O a N.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.01	800	0.00	4500	0.05								
30	0.03	800	0.00	4000	0.05								
60	0.00	500	0.00	3500	0.05								
90	0.05	1000	0.00										
120	0.00	1000	0.00										
150	0.01	1500	0.00										
180	0.01												
210	0.05												
240	0.10												
270	0.05												
300	0.05												
330	0.03												

Altezza dell’anemometro: 15.0 m s.l.s. Periodo: 80122009–85030706

Sett	Freq	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	18.7	68	79	110	141	113	102	100	76	53	87	49	14	6	2	6.1	1.73
30	4.0	150	164	190	126	103	86	52	34	56	17	15	0	3	3	4.0	1.32
60	1.7	225	155	146	126	80	97	44	43	53	25	0	0	0	6	3.8	1.25
90	2.9	156	104	125	145	123	113	91	62	14	24	31	8	0	4	4.8	1.54
120	6.5	84	69	104	79	106	91	61	75	79	121	54	31	34	10	7.2	1.66
150	10.5	44	43	73	87	113	120	154	147	98	84	23	9	2	4	7.0	2.63
180	13.7	52	50	65	114	105	165	153	121	77	59	23	12	4	0	6.6	2.42
210	3.1	60	146	140	117	167	130	76	59	50	26	18	7	3	0	5.1	1.79
240	2.3	170	228	156	74	101	79	74	58	24	14	10	12	0	0	3.8	1.30
270	2.6	218	181	167	124	59	71	65	31	50	22	3	3	0	5	3.5	1.18
300	9.4	76	90	81	77	91	72	66	66	82	113	95	56	20	14	7.8	1.76
330	24.6	38	58	92	136	159	128	90	62	54	79	53	25	13	13	6.3	1.44
Totali	100.0	72	80	100	117	120	115	99	80	64	75	43	19	9	6	6.3	1.67

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	5.3	4.8	5.6	4.2	4.9	4.8	5.1	4.8	4.5	4.3	5.1	5.4	4.9
3	5.5	5.1	5.7	4.3	5.0	4.4	4.9	5.1	4.7	4.1	4.7	5.5	4.9
6	5.6	4.6	5.3	4.3	5.1	4.4	4.8	4.8	4.9	4.2	4.8	5.2	4.8
9	5.4	4.6	5.8	4.5	5.3	5.4	5.1	4.6	5.0	4.9	4.9	5.5	5.1
12	6.6	5.5	6.5	6.5	6.7	7.2	7.3	6.3	6.9	5.9	5.9	6.4	6.5
15	7.0	6.4	7.3	7.6	7.0	7.5	7.6	7.5	7.6	6.4	6.0	6.1	7.0
18	5.8	6.0	6.9	6.6	6.3	6.5	6.6	6.6	6.5	5.2	5.7	4.9	6.2
21	5.6	5.5	6.3	4.9	5.3	5.0	5.3	5.0	4.9	4.5	4.6	5.3	5.2
Giorno	5.8	5.3	6.2	5.4	5.7	5.7	5.8	5.6	5.6	4.9	5.2	5.5	5.6

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	7.4 1.87	5.9 1.71	4.5 1.46	5.8 1.73	7.1 1.62	8.4 2.82	8.1 2.82	7.6 2.40	6.3 1.67	5.2 1.38	10.4 1.83	8.5 1.59	7.8 1.75
25	8.1 1.92	6.5 1.76	4.9 1.50	6.3 1.77	7.8 1.65	9.1 2.91	8.9 2.91	8.3 2.47	6.9 1.72	5.7 1.42	11.4 1.85	9.3 1.61	8.5 1.79
50	8.7 1.97	7.0 1.81	5.3 1.54	6.8 1.82	8.4 1.70	9.8 2.99	9.5 2.99	8.9 2.54	7.5 1.76	6.2 1.46	12.1 1.88	9.9 1.65	9.1 1.83
100	9.4 1.92	7.5 1.75	5.7 1.49	7.4 1.77	9.0 1.65	10.6 2.89	10.4 2.89	9.7 2.46	8.1 1.71	6.6 1.42	12.9 1.87	10.6 1.63	9.8 1.81
200	10.4 1.82	8.3 1.66	6.3 1.42	8.1 1.67	9.9 1.58	11.8 2.74	11.5 2.74	10.7 2.33	8.9 1.62	7.3 1.34	13.8 1.84	11.3 1.59	10.7 1.77
Freq	19.9	6.8	2.2	2.7	5.8	9.7	13.1	5.1	2.4	2.5	8.1	21.6	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.9 1.67	3.3 1.28	3.0 1.24	4.2 1.48	5.1 1.45	5.8 2.49	5.6 2.32	5.0 1.73	4.0 1.27	3.8 1.14	7.4 1.69	5.9 1.45	5.4 1.54
25	5.9 1.80	4.1 1.38	3.7 1.34	5.1 1.59	6.1 1.55	7.0 2.69	6.7 2.50	6.0 1.87	4.8 1.36	4.6 1.20	8.7 1.73	6.9 1.50	6.5 1.62
50	6.8 2.02	4.8 1.55	4.4 1.50	5.9 1.78	7.1 1.72	8.0 3.03	7.7 2.81	6.9 2.10	5.7 1.52	5.3 1.30	9.7 1.79	7.8 1.58	7.4 1.76
100	8.1 2.15	5.7 1.65	5.2 1.59	7.0 1.90	8.3 1.83	9.5 3.22	9.2 3.00	8.2 2.23	6.7 1.62	6.2 1.39	10.9 1.92	8.9 1.70	8.7 1.90
200	10.1 2.06	7.0 1.57	6.4 1.52	8.7 1.81	10.2 1.76	11.9 3.08	11.4 2.86	10.2 2.13	8.3 1.55	7.4 1.34	12.5 1.87	10.4 1.65	10.5 1.89
Freq	17.9	3.9	1.8	3.1	6.7	10.6	13.1	3.1	2.3	2.9	10.1	24.5	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.2 1.67	2.9 1.29	2.8 1.30	3.8 1.47	4.4 1.50	5.0 2.42	4.9 2.33	4.3 1.67	3.4 1.24	4.0 1.22	6.1 1.61	5.0 1.45	4.7 1.54
25	5.3 1.78	3.7 1.38	3.5 1.38	4.7 1.57	5.5 1.60	6.2 2.60	6.1 2.49	5.3 1.79	4.2 1.32	4.9 1.26	7.4 1.65	6.2 1.50	5.8 1.61
50	6.2 1.98	4.4 1.52	4.2 1.53	5.5 1.74	6.5 1.75	7.3 2.87	7.1 2.76	6.2 1.98	5.0 1.45	5.7 1.32	8.5 1.71	7.1 1.57	6.8 1.72
100	7.4 2.17	5.3 1.67	5.0 1.68	6.6 1.90	7.7 1.92	8.6 3.15	8.4 3.04	7.4 2.17	6.0 1.59	6.7 1.44	9.7 1.82	8.2 1.71	8.0 1.90
200	9.1 2.08	6.4 1.60	6.2 1.61	8.2 1.82	9.5 1.84	10.6 3.02	10.4 2.90	9.1 2.08	7.4 1.52	7.8 1.40	11.1 1.80	9.5 1.67	9.6 1.88
Freq	16.5	3.7	1.9	3.5	7.0	10.9	12.2	3.0	2.4	3.4	11.5	24.1	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.3 1.66	2.3 1.30	2.3 1.34	3.1 1.48	3.5 1.58	3.9 2.38	3.9 2.31	3.3 1.66	2.6 1.25	3.7 1.33	4.5 1.54	4.0 1.49	3.7 1.55
25	4.4 1.76	3.1 1.37	3.1 1.42	4.1 1.56	4.7 1.67	5.2 2.53	5.1 2.45	4.4 1.76	3.5 1.32	4.8 1.36	5.9 1.57	5.2 1.53	4.9 1.62
50	5.3 1.91	3.8 1.49	3.8 1.54	5.0 1.69	5.7 1.82	6.2 2.74	6.1 2.67	5.3 1.91	4.3 1.43	5.7 1.41	7.0 1.62	6.1 1.60	5.9 1.71
100	6.4 2.17	4.6 1.69	4.6 1.75	6.0 1.93	6.9 2.07	7.5 3.13	7.4 3.04	6.4 2.17	5.2 1.62	6.7 1.50	8.1 1.71	7.3 1.73	7.0 1.88
200	7.9 2.10	5.6 1.63	5.6 1.69	7.3 1.86	8.4 1.99	9.1 3.01	9.0 2.93	7.8 2.10	6.4 1.56	7.9 1.52	9.5 1.74	8.6 1.73	8.4 1.90
Freq	14.6	3.3	2.0	3.9	7.5	11.4	10.9	2.9	2.4	4.2	13.4	23.5	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.9	453	4.9	186	4.2	122	3.3	58
25	7.6	576	5.8	288	5.2	210	4.4	124
50	8.1	688	6.6	390	6.0	301	5.2	198
100	8.8	870	7.7	561	7.1	434	6.2	300
200	9.6	1169	9.3	995	8.5	760	7.5	513

Santa Anna

39° 50' 00" N 08° 41' 00" E UTM 32 E 472902 m N 4409382 m 40 m s.l.m.

La stazione é situata ad 11 km dalla costa SO della Sardegna nella parte N della valle del Campidano. Il terreno é aperto e pianeggiante, coltivato a cereali e con alberi sparsi. Nei settori S-E sono presenti montagne a circa 5 km di distanza.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.06											-1	4
30	0.06											3	
60	0.06												-3
90	0.06											-7	-4
120	0.06											-11	
150	0.03											-7	3
180	0.03											-1	3
210	0.03											3	
240	0.03												-3
270	0.03											-6	-3
300	0.03											-10	
330	0.03											-7	3

Altezza dell’anemometro: 30.0 m s.l.s. Periodo: 80062118–85012406

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	6.8	343	217	113	76	49	49	46	34	20	35	13	4	0	0	2.7	0.97
30	7.8	344	153	128	92	72	46	47	47	21	41	5	3	0	0	3.0	1.10
60	5.9	430	196	147	79	56	27	20	15	17	10	3	0	0	0	2.0	0.98
90	5.2	461	217	58	71	42	39	25	32	12	14	14	4	8	2	1.9	0.76
120	5.4	411	143	70	36	45	45	31	40	30	42	21	24	31	32	3.7	0.87
150	4.9	258	195	111	63	78	42	50	53	40	37	33	14	11	16	4.0	1.03
180	12.8	326	185	124	114	85	70	32	27	14	14	6	2	0	0	2.9	1.18
210	6.9	210	177	150	110	90	57	75	62	28	30	5	3	1	2	3.8	1.29
240	9.0	225	174	128	128	106	75	62	43	28	20	9	2	0	0	3.8	1.40
270	13.8	141	120	104	134	127	130	87	63	36	28	21	7	2	1	5.0	1.69
300	13.7	132	103	102	77	86	91	79	75	69	93	44	23	16	9	6.4	1.58
330	7.8	300	185	108	85	52	48	44	64	32	48	17	11	4	1	3.4	1.06
Totali	100.0	272	164	113	95	81	69	55	49	31	37	17	8	5	4	3.8	1.14

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.6	3.3	4.1	2.2	1.8	1.6	2.5	1.5	2.3	3.0	3.7	4.2	2.8
3	3.5	3.4	4.0	2.3	2.1	1.8	1.5	1.6	1.8	2.6	3.2	3.4	2.6
6	3.9	3.5	3.7	2.0	1.9	2.0	1.4	1.4	2.0	3.1	3.4	3.7	2.7
9	4.1	3.8	4.0	3.1	3.1	3.2	4.0	2.8	2.6	3.2	3.7	3.8	3.5
12	5.3	5.2	5.4	5.1	5.2	4.8	5.4	4.9	4.2	4.5	4.5	4.8	5.0
15	5.5	6.0	6.3	5.6	5.5	4.9	4.7	4.8	4.9	4.7	4.7	4.7	5.2
18	4.3	4.0	4.9	3.9	3.6	3.1	3.1	3.0	3.0	3.4	3.7	3.7	3.6
21	4.1	3.6	4.0	2.6	1.9	1.6	2.4	2.0	2.2	3.0	3.9	4.0	2.9
Giorno	4.3	4.1	4.5	3.3	3.1	2.9	3.1	2.8	2.9	3.4	3.9	4.0	3.5

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	3.7	3.7	2.9	2.6	4.1	4.6	3.7	3.9	4.4	5.9	7.5	5.8	4.7
	1.08	1.17	1.09	0.87	0.83	0.98	1.19	1.31	1.48	1.72	1.60	1.30	1.15
25	4.1	4.1	3.2	2.9	4.5	5.1	4.1	4.3	4.8	6.4	8.2	6.3	5.2
	1.12	1.20	1.12	0.89	0.83	0.99	1.23	1.35	1.52	1.77	1.63	1.33	1.17
50	4.4	4.4	3.5	3.2	4.8	5.4	4.4	4.6	5.2	6.9	8.8	6.8	5.6
	1.14	1.23	1.15	0.91	0.84	1.01	1.26	1.38	1.57	1.82	1.68	1.36	1.20
100	4.7	4.7	3.8	3.4	5.1	5.8	4.8	5.0	5.6	7.5	9.5	7.3	6.0
	1.11	1.19	1.11	0.88	0.84	1.00	1.23	1.34	1.52	1.76	1.65	1.33	1.19
200	5.1	5.1	4.1	3.6	5.4	6.1	5.2	5.4	6.2	8.2	10.2	7.9	6.5
	1.05	1.13	1.06	0.85	0.83	0.98	1.16	1.27	1.44	1.67	1.59	1.28	1.16
Freq	7.0	6.8	5.9	5.5	5.9	6.1	10.1	7.9	7.7	12.4	14.7	9.9	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	2.3	2.5	1.8	1.7	3.4	3.2	2.3	2.9	3.0	4.2	5.6	3.0	3.2
	0.92	1.02	0.91	0.74	0.84	0.95	1.08	1.17	1.26	1.50	1.46	0.98	1.03
25	2.8	3.1	2.2	2.0	4.0	3.8	2.9	3.5	3.6	5.1	6.7	3.6	3.9
	0.98	1.10	0.97	0.77	0.85	0.98	1.15	1.26	1.35	1.62	1.53	1.04	1.08
50	3.4	3.7	2.6	2.5	4.5	4.4	3.4	4.2	4.3	5.9	7.6	4.3	4.5
	1.09	1.23	1.08	0.83	0.86	1.04	1.29	1.41	1.52	1.82	1.63	1.15	1.16
100	4.1	4.4	3.2	3.0	5.1	5.2	4.1	5.0	5.1	7.0	8.7	5.1	5.4
	1.16	1.30	1.15	0.88	0.89	1.11	1.37	1.50	1.61	1.94	1.75	1.23	1.24
200	5.0	5.4	3.9	3.5	5.7	6.0	5.1	6.2	6.3	8.7	10.3	6.2	6.5
	1.11	1.24	1.10	0.85	0.89	1.08	1.31	1.43	1.54	1.85	1.69	1.17	1.23
Freq	6.6	6.9	5.6	5.5	5.9	6.1	11.8	6.3	8.3	13.7	14.9	8.4	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	2.0	2.2	1.5	1.5	3.0	2.6	2.1	2.6	2.7	3.7	4.8	2.5	2.8
	0.92	1.02	0.90	0.74	0.85	0.94	1.09	1.19	1.28	1.47	1.46	0.97	1.04
25	2.5	2.7	2.0	1.9	3.7	3.3	2.6	3.2	3.4	4.6	5.9	3.1	3.5
	0.98	1.08	0.96	0.76	0.86	0.98	1.16	1.27	1.37	1.57	1.51	1.02	1.08
50	3.1	3.3	2.4	2.3	4.2	3.9	3.1	3.9	4.0	5.5	6.9	3.8	4.1
	1.08	1.19	1.05	0.80	0.87	1.04	1.27	1.40	1.51	1.74	1.60	1.12	1.15
100	3.8	4.0	2.9	2.8	4.8	4.6	3.8	4.7	4.9	6.6	8.0	4.6	5.0
	1.17	1.30	1.15	0.87	0.90	1.13	1.40	1.54	1.65	1.90	1.75	1.22	1.24
200	4.6	4.9	3.6	3.3	5.4	5.4	4.7	5.7	6.0	8.1	9.4	5.6	6.0
	1.13	1.25	1.10	0.84	0.90	1.09	1.34	1.48	1.58	1.83	1.70	1.17	1.24
Freq	6.6	6.8	5.6	5.5	6.0	6.6	11.4	6.4	8.7	13.9	14.5	8.1	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	1.6	1.7	1.3	1.4	2.4	1.9	1.7	2.0	2.3	3.0	3.7	1.9	2.2
	0.95	1.01	0.89	0.77	0.86	0.92	1.13	1.19	1.33	1.44	1.42	0.96	1.04
25	2.2	2.2	1.7	1.9	3.1	2.5	2.3	2.7	3.0	4.0	4.8	2.6	2.9
	1.01	1.06	0.94	0.78	0.87	0.95	1.19	1.26	1.40	1.52	1.48	1.01	1.08
50	2.7	2.8	2.1	2.3	3.7	3.1	2.8	3.3	3.7	4.9	5.8	3.2	3.6
	1.08	1.15	1.01	0.81	0.88	1.01	1.29	1.36	1.52	1.65	1.54	1.09	1.14
100	3.4	3.4	2.7	2.8	4.3	3.8	3.5	4.1	4.5	5.9	6.9	4.0	4.4
	1.23	1.30	1.13	0.86	0.91	1.11	1.46	1.54	1.73	1.87	1.68	1.23	1.25
200	4.1	4.2	3.2	3.3	5.0	4.5	4.3	4.9	5.5	7.2	8.2	4.8	5.3
	1.18	1.26	1.10	0.87	0.93	1.09	1.40	1.49	1.67	1.80	1.68	1.19	1.25
Freq	6.7	6.7	5.5	5.5	6.0	7.5	10.5	6.7	9.4	14.0	13.8	7.9	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.5	237	3.2	108	2.8	70	2.2	34
25	4.9	299	3.8	162	3.4	119	2.9	70
50	5.2	351	4.3	209	3.9	163	3.4	109
100	5.7	452	5.0	291	4.6	226	4.1	156
200	6.2	622	6.1	525	5.6	402	4.9	271

Santa Caterina

39° 06' 00" N 08° 29' 00" E UTM 32 E 455321 m N 4328074 m 1 m s.l.m.

La stazione é situata sulla costa SO della Sardegna di fronte le isole di S.Antioco e S.Pietro. L'area attorno alla stazione é pianeggiante con acqua e piante acquatiche.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.05												
30	0.05												
60	0.05												
90	0.05												
120	0.05												
150	0.05	1000	0.00	10000	0.10								
180	0.05	1000	0.00										
210	0.01												
240	0.05	100	0.00	5000	0.10								
270	0.05	100	0.00	5000	0.10								
300	0.05	100	0.00										
330	0.05	100	0.00	5000	0.01								

Altezza dell'anemometro: 15.0 m s.l.s. Periodo: 81012915-86022803

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	3.2	124	74	169	194	188	94	55	44	20	17	14	3	4	0	4.5	1.65
30	2.9	247	306	238	101	48	24	23	2	2	4	4	0	0	0	2.4	1.27
60	5.0	325	375	181	77	16	15	2	6	0	2	0	0	0	0	1.9	1.35
90	11.6	144	227	324	173	60	23	19	11	8	9	3	0	0	0	2.9	1.49
120	8.4	153	178	220	131	57	42	50	41	36	53	27	11	1	0	3.6	1.08
150	6.2	138	112	96	81	77	74	107	90	92	94	27	7	4	0	6.1	1.88
180	7.7	110	97	102	103	124	133	129	106	51	35	10	1	0	0	5.5	2.22
210	4.4	143	122	157	130	134	133	72	52	39	13	5	0	0	0	4.5	1.83
240	3.6	182	154	128	121	90	83	61	46	58	61	15	0	2	0	4.4	1.39
270	6.2	126	109	113	120	115	90	69	73	59	74	40	8	1	2	5.4	1.57
300	16.4	58	53	51	70	90	89	98	92	89	165	73	33	17	21	8.3	2.04
330	24.6	30	32	40	61	75	76	89	109	91	157	108	65	32	36	9.4	2.11
Totali	100.0	111	120	128	101	84	73	73	70	59	88	47	23	11	12	6.0	1.44

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	5.6	4.5	4.5	4.2	4.0	3.8	3.7	3.7	3.5	3.5	4.0	6.0	4.2
3	5.4	4.3	4.3	4.0	3.9	3.7	3.3	3.6	3.2	3.3	4.0	5.8	4.1
6	5.4	4.1	4.2	3.8	3.6	4.1	3.2	3.5	3.3	3.4	3.6	5.5	3.9
9	5.8	4.4	5.1	5.9	5.6	6.8	5.5	5.6	4.8	4.1	4.4	5.6	5.2
12	7.5	6.7	7.0	7.6	7.4	8.3	7.5	7.7	6.9	6.3	6.4	6.8	7.1
15	7.8	6.9	7.5	8.1	7.0	8.4	7.9	8.1	7.5	6.6	6.3	6.2	7.4
18	5.9	5.3	5.8	6.7	5.7	7.0	6.9	7.2	5.8	4.7	4.6	5.4	5.9
21	5.6	4.3	5.1	4.7	4.6	4.6	4.9	4.7	3.9	3.6	4.2	5.9	4.6
Giorno	6.1	5.1	5.4	5.7	5.3	5.9	5.3	5.5	4.9	4.4	4.7	5.9	5.3

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	8.2	3.9	2.8	4.0	4.7	6.9	6.2	5.7	5.0	5.9	7.8	9.6	6.7
	2.01	1.44	1.54	1.71	1.19	1.87	2.09	2.20	1.70	1.80	1.98	2.34	1.64
25	9.0	4.3	3.0	4.4	5.1	7.5	6.8	6.3	5.5	6.4	8.6	10.5	7.4
	2.06	1.48	1.58	1.76	1.22	1.93	2.15	2.28	1.75	1.85	2.05	2.39	1.67
50	9.6	4.6	3.3	4.8	5.5	8.1	7.3	6.7	5.9	6.9	9.2	11.3	7.9
	2.12	1.52	1.62	1.81	1.25	1.98	2.21	2.34	1.80	1.90	2.10	2.46	1.71
100	10.4	5.0	3.5	5.1	5.9	8.8	7.9	7.3	6.4	7.5	10.0	12.1	8.5
	2.06	1.48	1.57	1.75	1.22	1.92	2.14	2.26	1.74	1.84	2.03	2.40	1.68
200	11.4	5.4	3.9	5.7	6.4	9.7	8.8	8.1	7.0	8.3	11.0	13.2	9.3
	1.98	1.40	1.49	1.66	1.17	1.81	2.03	2.14	1.65	1.75	1.93	2.32	1.63
Freq	6.7	2.9	4.5	10.3	9.1	6.7	7.4	5.0	3.8	5.7	14.7	23.3	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	4.3	2.2	1.9	2.9	3.6	5.0	4.2	3.8	3.4	4.4	5.6	6.9	4.7
	1.57	1.21	1.29	1.39	1.10	1.81	1.80	1.73	1.38	1.58	1.71	2.06	1.46
25	5.2	2.7	2.3	3.5	4.3	6.1	5.1	4.5	4.1	5.3	6.7	8.2	5.6
	1.69	1.31	1.39	1.50	1.15	1.96	1.94	1.87	1.48	1.70	1.84	2.16	1.53
50	6.0	3.2	2.7	4.1	5.0	7.0	5.9	5.2	4.8	6.2	7.8	9.3	6.4
	1.90	1.46	1.56	1.68	1.25	2.20	2.19	2.10	1.66	1.91	2.05	2.33	1.65
100	7.1	3.8	3.3	4.8	5.9	8.3	7.0	6.2	5.8	7.3	9.2	10.6	7.6
	2.03	1.55	1.66	1.79	1.33	2.34	2.33	2.24	1.77	2.03	2.19	2.50	1.76
200	8.9	4.7	4.0	6.0	7.1	10.3	8.7	7.7	7.1	9.1	11.3	12.6	9.2
	1.94	1.49	1.58	1.71	1.29	2.24	2.22	2.14	1.69	1.94	2.10	2.41	1.72
Freq	3.2	3.0	5.4	11.4	8.3	6.3	7.4	4.4	3.8	7.0	16.9	22.9	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	3.6	1.9	1.9	2.6	3.3	4.3	3.7	3.3	3.1	4.1	5.0	6.0	4.1
	1.52	1.24	1.33	1.35	1.16	1.82	1.79	1.71	1.41	1.66	1.73	2.08	1.47
25	4.4	2.4	2.3	3.2	4.1	5.4	4.5	4.0	3.8	5.1	6.2	7.3	5.0
	1.63	1.32	1.43	1.44	1.22	1.95	1.91	1.82	1.51	1.77	1.84	2.17	1.54
50	5.3	2.8	2.8	3.8	4.9	6.3	5.3	4.8	4.5	6.0	7.2	8.5	5.9
	1.80	1.46	1.57	1.59	1.31	2.15	2.12	2.02	1.67	1.96	2.01	2.32	1.65
100	6.3	3.4	3.3	4.6	5.8	7.5	6.3	5.7	5.4	7.1	8.5	9.8	7.0
	1.98	1.60	1.73	1.74	1.44	2.37	2.32	2.22	1.83	2.15	2.21	2.54	1.79
200	7.7	4.2	4.1	5.7	6.9	9.3	7.8	7.0	6.7	8.8	10.4	11.7	8.5
	1.89	1.53	1.65	1.67	1.38	2.27	2.22	2.12	1.75	2.06	2.12	2.46	1.76
Freq	3.2	3.3	6.0	11.0	8.1	6.4	7.2	4.3	4.0	7.8	17.6	21.1	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	2.6	1.5	1.6	1.9	2.8	3.4	2.8	2.5	2.5	3.4	4.0	4.7	3.2
	1.45	1.27	1.40	1.18	1.23	1.85	1.74	1.64	1.44	1.73	1.75	2.08	1.47
25	3.5	2.0	2.2	2.6	3.7	4.4	3.7	3.3	3.3	4.5	5.3	6.1	4.2
	1.54	1.34	1.48	1.24	1.29	1.96	1.84	1.74	1.52	1.83	1.84	2.16	1.53
50	4.3	2.4	2.6	3.2	4.4	5.3	4.5	4.1	4.0	5.4	6.3	7.3	5.1
	1.67	1.45	1.61	1.35	1.38	2.12	2.00	1.89	1.65	1.99	1.97	2.28	1.62
100	5.2	3.0	3.2	3.9	5.4	6.4	5.5	4.9	4.9	6.6	7.6	8.7	6.1
	1.90	1.65	1.83	1.52	1.54	2.42	2.28	2.15	1.88	2.27	2.22	2.50	1.78
200	6.3	3.6	3.9	4.7	6.5	7.9	6.7	6.0	6.0	8.0	9.2	10.3	7.4
	1.83	1.59	1.76	1.47	1.50	2.33	2.19	2.08	1.81	2.18	2.15	2.48	1.76
Freq	3.2	3.6	6.9	10.5	7.8	6.7	6.7	4.2	4.4	9.1	18.5	18.5	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.0	321	4.2	130	3.7	86	2.9	41
25	6.6	409	5.0	204	4.5	149	3.8	88
50	7.1	489	5.8	278	5.3	215	4.6	141
100	7.6	631	6.8	415	6.2	321	5.5	216
200	8.4	868	8.2	772	7.6	587	6.6	386

Scopeto

42° 23' 00" N	10° 54' 00" E	UTM 32	E 656415 m	N 4694171 m	180 m s.l.m.
---------------	---------------	--------	------------	-------------	--------------

La stazione é situata sull'isola del Giglio a circa 25 km dalla costa Tirrenica Italiana di fronte alla Toscana. Il palo anemometrico é collocato su una cresta montagnosa orientata NO-SE nella parte N dell'isola. Il mare dista solo pochi chilometri in tutte le direzioni. La descrizione della rugosit  é lacunosa per via della mancanza di una dettagliata descrizione dell'orografia.

[illegible]

Altezza dell'anemometro: 15.0 m s.l.s.

Periodo: 83010300-86122600

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	9.6	45	128	153	166	151	134	79	51	33	24	18	12	7	0	5.0	1.61
30	18.9	29	70	127	104	95	65	80	72	56	119	65	44	31	43	7.8	1.53
60	12.7	38	115	132	166	132	99	89	76	64	56	15	10	2	6	5.4	1.60
90	7.4	40	114	175	210	203	113	75	25	16	19	10	0	0	0	4.5	2.01
120	11.4	8	50	115	228	199	162	110	51	27	36	9	5	0	0	5.3	2.09
150	5.0	24	42	136	178	209	136	61	92	52	26	27	9	7	0	5.4	1.63
180	0.2	0	0	249	297	237	218	0	0	0	0	0	0	0	0	4.3	3.47
210	12.9	18	41	83	87	115	90	94	59	63	125	87	65	42	30	8.5	1.74
240	9.2	40	98	161	224	144	85	58	24	26	52	26	27	16	17	4.6	1.09
270	5.3	78	164	171	138	134	63	52	22	27	41	41	39	14	15	4.5	1.06
300	3.2	135	264	342	127	47	31	0	14	6	17	18	0	0	0	2.7	1.13
330	4.1	91	258	303	166	87	28	4	11	17	19	8	3	0	4	2.9	1.11
Totali	100.0	38	99	147	158	138	97	76	52	42	63	36	25	15	15	5.6	1.29

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	7.4	6.7	6.0	5.1	6.2	4.3	3.7	3.7	4.5	5.4	4.5	7.3	5.4
3	6.7	7.2	6.0	5.7	5.9	4.3	4.1	4.5	4.8	5.4	5.0	7.4	5.5
6	6.1	7.2	6.6	5.6	6.5	4.3	3.8	4.0	3.9	4.8	5.0	7.3	5.4
9	6.2	6.8	6.3	5.6	5.8	4.2	3.6	4.2	4.4	4.6	5.3	7.3	5.3
12	6.1	6.7	6.1	5.5	5.8	4.5	3.7	4.6	4.7	4.8	5.0	7.1	5.3
15	6.0	6.6	6.0	5.3	5.9	5.3	4.3	5.0	5.3	5.0	4.5	7.0	5.5
18	6.6	6.6	6.2	5.7	5.6	4.5	3.7	3.7	4.5	5.0	4.5	7.2	5.3
21	7.4	6.7	6.3	5.5	5.9	4.4	3.2	3.6	4.8	5.2	4.6	6.8	5.3
Giorno	6.6	6.8	6.2	5.5	6.0	4.5	3.8	4.2	4.6	5.0	4.8	7.2	5.4

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.8	5.2	3.8	4.3	6.6	8.1	7.7	5.6	3.2	3.9	4.3	5.5	5.5
	1.36	1.48	1.56	1.56	1.99	1.67	1.71	1.61	1.13	1.09	0.95	1.29	1.37
25	6.4	5.8	4.2	4.7	7.2	8.9	8.4	6.2	3.6	4.3	4.7	6.0	6.1
	1.40	1.52	1.62	1.61	2.05	1.70	1.75	1.66	1.16	1.12	0.97	1.33	1.40
50	6.9	6.2	4.5	5.1	7.8	9.5	9.0	6.6	3.9	4.7	5.1	6.5	6.5
	1.43	1.56	1.66	1.65	2.11	1.74	1.79	1.71	1.19	1.15	0.99	1.37	1.43
100	7.4	6.7	4.9	5.5	8.4	10.2	9.7	7.2	4.2	5.0	5.4	7.0	7.0
	1.39	1.52	1.60	1.60	2.04	1.71	1.75	1.65	1.15	1.12	0.98	1.33	1.40
200	8.1	7.3	5.3	6.0	9.3	11.0	10.6	7.9	4.5	5.4	5.7	7.6	7.7
	1.33	1.44	1.52	1.52	1.93	1.65	1.68	1.56	1.10	1.06	0.95	1.26	1.35
Freq	13.6	10.3	6.3	8.1	14.9	6.6	7.7	6.0	4.5	6.1	6.2	9.6	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.9	3.4	2.7	3.5	4.7	5.8	5.0	3.5	2.3	2.6	3.2	3.7	3.8
	1.15	1.23	1.36	1.43	1.62	1.51	1.40	1.29	0.97	0.91	0.92	1.11	1.19
25	4.7	4.1	3.3	4.2	5.6	6.9	6.0	4.3	2.8	3.3	3.8	4.5	4.6
	1.24	1.33	1.47	1.54	1.75	1.58	1.49	1.39	1.04	0.97	0.96	1.19	1.26
50	5.6	4.8	3.8	5.0	6.5	7.8	6.9	5.0	3.4	3.9	4.4	5.3	5.4
	1.39	1.49	1.65	1.73	1.96	1.69	1.63	1.55	1.15	1.08	1.03	1.33	1.39
100	6.7	5.8	4.6	5.9	7.8	9.1	8.1	6.0	4.1	4.8	5.2	6.4	6.4
	1.48	1.58	1.75	1.84	2.09	1.82	1.75	1.65	1.23	1.15	1.10	1.41	1.49
200	8.3	7.2	5.7	7.3	9.7	10.7	9.9	7.4	5.0	5.8	6.1	7.9	7.8
	1.41	1.51	1.67	1.76	2.00	1.76	1.68	1.58	1.17	1.10	1.06	1.35	1.44
Freq	13.0	9.2	6.6	9.4	13.6	6.6	7.4	5.6	4.8	6.1	7.0	10.9	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.4	2.9	2.4	3.2	4.1	5.0	4.3	2.9	2.1	2.3	2.9	3.3	3.3
	1.17	1.22	1.39	1.48	1.60	1.50	1.39	1.21	0.99	0.90	0.96	1.13	1.19
25	4.2	3.6	3.0	4.0	5.1	6.1	5.3	3.6	2.6	2.9	3.6	4.1	4.1
	1.24	1.30	1.48	1.58	1.71	1.57	1.47	1.29	1.05	0.95	1.00	1.20	1.26
50	5.1	4.3	3.6	4.8	6.1	7.1	6.2	4.3	3.2	3.6	4.2	4.9	4.9
	1.37	1.43	1.64	1.75	1.90	1.67	1.60	1.42	1.15	1.04	1.06	1.32	1.37
100	6.1	5.2	4.3	5.7	7.2	8.3	7.4	5.2	3.9	4.4	5.0	5.9	5.9
	1.50	1.57	1.80	1.92	2.08	1.83	1.76	1.55	1.26	1.13	1.15	1.45	1.50
200	7.5	6.4	5.3	7.0	8.9	9.8	9.0	6.4	4.8	5.3	5.9	7.3	7.2
	1.44	1.51	1.72	1.84	1.99	1.77	1.69	1.49	1.21	1.09	1.12	1.39	1.46
Freq	12.7	8.8	6.8	9.9	12.7	6.7	7.2	5.5	4.9	6.1	7.3	11.2	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.6	2.2	1.9	2.7	3.3	3.9	3.2	2.2	1.6	1.9	2.3	2.6	2.6
	1.18	1.22	1.35	1.56	1.60	1.51	1.37	1.19	0.94	0.92	1.00	1.13	1.21
25	3.5	3.0	2.5	3.6	4.4	5.1	4.3	2.9	2.2	2.6	3.1	3.5	3.5
	1.25	1.29	1.42	1.65	1.69	1.57	1.45	1.26	0.99	0.96	1.04	1.20	1.26
50	4.3	3.6	3.1	4.4	5.4	6.1	5.2	3.6	2.7	3.2	3.8	4.3	4.2
	1.35	1.39	1.54	1.79	1.84	1.66	1.56	1.37	1.07	1.03	1.10	1.30	1.36
100	5.3	4.4	3.8	5.3	6.5	7.3	6.3	4.4	3.4	4.0	4.7	5.3	5.2
	1.53	1.58	1.75	2.04	2.09	1.83	1.77	1.55	1.21	1.16	1.22	1.47	1.52
200	6.5	5.4	4.6	6.5	7.9	8.6	7.7	5.3	4.1	4.8	5.6	6.4	6.3
	1.48	1.52	1.69	1.96	2.02	1.81	1.71	1.49	1.16	1.12	1.20	1.42	1.48
Freq	12.2	8.4	7.0	10.8	11.5	7.0	7.1	5.4	5.2	6.1	7.7	11.7	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.1	249	3.6	112	3.1	73	2.5	35
25	5.5	313	4.2	168	3.8	123	3.2	74
50	5.9	372	4.9	218	4.5	170	3.9	114
100	6.4	487	5.8	323	5.3	248	4.7	166
200	7.1	690	7.1	637	6.5	477	5.7	311

Trapani

37° 55' 00'' N 12° 30' 00'' E UTM 33 E 280231 m N 4199586 m 7 m s.l.m.

La stazione é situata nell’aeroporto di Trapani a circa 2.5 km dalla costa O della Sicilia. Il terreno intorno é principalmente pianeggiante e coperto da erba. Nel settore E, a circa 10 km di distanza, si trova una regione montagnosa che raggiunge i 600–800 m di quota s.l.m.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.10	2000	0.30										
30	0.10												
60	0.20												
90	0.25												
120	0.25												
150	0.05												
180	0.05												
210	0.20												
240	0.20												
270	0.05												
300	0.05												
330	0.05												

Altezza dell’anemometro: 10.0 m s.l.s.

Periodo: 70010103–75123121

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	13.6	143	79	116	141	151	138	90	58	40	31	6	4	1	0	5.0	1.92
30	5.8	327	72	143	143	122	77	42	31	23	14	2	2	1	0	3.6	1.44
60	3.2	605	81	127	106	41	20	16	4	0	0	0	0	0	0	1.5	0.99
90	3.3	564	91	153	97	32	32	14	5	4	4	2	0	0	2	1.7	0.92
120	6.4	303	82	149	100	69	44	32	27	18	38	32	31	25	52	4.0	0.86
150	15.1	130	60	119	142	104	85	75	59	49	78	40	35	13	9	5.8	1.40
180	6.6	283	65	138	138	106	73	58	48	38	37	9	6	1	1	4.1	1.37
210	6.3	314	47	121	142	136	91	55	44	18	18	10	4	0	1	4.0	1.49
240	6.5	289	34	105	153	139	87	52	55	35	33	13	2	2	1	4.4	1.51
270	9.1	205	39	95	140	105	85	67	64	57	72	34	18	9	9	5.5	1.37
300	11.8	157	48	97	127	124	112	96	73	63	59	23	13	6	1	5.7	1.70
330	12.1	149	71	149	176	151	110	65	47	29	29	12	7	2	1	4.6	1.59
Totali	100.0	228	62	123	139	118	91	65	50	38	42	18	13	6	6	4.7	1.32

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.5	4.7	4.6	3.7	2.2	1.9	1.7	1.5	2.1	3.1	4.1	3.2	3.0
3	3.4	4.7	4.3	3.9	2.0	1.8	1.5	1.4	2.2	3.0	3.9	3.1	2.9
6	3.7	5.0	4.8	3.6	2.3	2.2	1.7	1.5	2.4	2.9	4.0	3.4	3.1
9	3.8	5.3	5.4	5.5	4.8	4.7	4.5	3.7	4.1	4.2	4.8	3.5	4.5
12	5.5	6.7	7.1	7.1	6.2	5.8	5.9	5.4	5.7	5.6	6.0	4.9	6.0
15	5.1	6.5	6.7	6.7	5.6	5.7	5.8	5.4	5.8	5.4	5.7	5.0	5.8
18	3.6	5.1	5.0	5.2	4.1	4.3	4.6	3.9	3.8	3.7	4.4	3.2	4.2
21	3.4	4.7	4.3	4.1	2.1	2.3	2.2	2.0	2.3	2.9	3.9	3.2	3.1
Giorno	4.0	5.3	5.3	5.0	3.7	3.6	3.5	3.1	3.6	3.8	4.6	3.7	4.1

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Tbtali
10	7.9	7.2	4.4	3.3	6.2	8.6	7.5	7.1	7.8	8.2	8.5	7.5	7.5
	2.12	1.97	1.42	1.07	0.81	1.29	1.47	1.63	1.67	1.52	1.78	1.85	1.37
25	8.7	7.9	4.9	3.7	6.8	9.4	8.2	7.8	8.6	8.9	9.3	8.2	8.2
	2.18	2.03	1.47	1.10	0.81	1.30	1.49	1.66	1.70	1.54	1.81	1.90	1.38
50	9.3	8.5	5.3	4.0	7.2	10.0	8.7	8.4	9.2	9.6	9.9	8.8	8.7
	2.24	2.09	1.51	1.13	0.81	1.31	1.52	1.71	1.75	1.57	1.86	1.95	1.41
100	10.1	9.2	5.7	4.3	7.6	10.6	9.3	9.0	9.8	10.2	10.6	9.5	9.4
	2.17	2.02	1.46	1.10	0.81	1.32	1.51	1.67	1.71	1.56	1.83	1.90	1.41
200	11.1	10.1	6.2	4.6	8.0	11.3	10.0	9.8	10.6	10.9	11.4	10.4	10.2
	2.06	1.91	1.38	1.04	0.81	1.30	1.47	1.61	1.66	1.52	1.77	1.81	1.40
Freq	13.1	8.4	4.1	3.3	5.4	12.3	9.4	6.4	6.5	8.4	10.9	11.9	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Tbtali
10	5.7	4.4	2.3	2.2	5.1	6.2	4.8	5.1	5.6	5.8	6.0	5.0	5.2
	1.87	1.51	1.05	0.91	0.84	1.35	1.34	1.46	1.49	1.38	1.67	1.58	1.25
25	6.8	5.3	2.8	2.8	6.0	7.3	5.8	6.1	6.6	6.8	7.1	6.0	6.2
	2.01	1.63	1.13	0.98	0.84	1.38	1.41	1.54	1.56	1.42	1.75	1.71	1.30
50	7.9	6.2	3.3	3.3	6.6	8.2	6.6	7.0	7.6	7.7	8.1	7.0	7.1
	2.25	1.83	1.26	1.08	0.85	1.42	1.51	1.67	1.66	1.48	1.88	1.90	1.37
100	9.3	7.4	4.0	4.1	7.3	9.2	7.7	8.1	8.7	8.8	9.3	8.3	8.3
	2.40	1.94	1.34	1.15	0.85	1.51	1.62	1.79	1.78	1.58	2.02	2.03	1.47
200	11.5	9.2	4.9	5.0	8.0	10.4	9.1	9.7	10.2	10.1	11.0	10.2	9.8
	2.29	1.86	1.28	1.10	0.86	1.48	1.56	1.73	1.73	1.54	1.95	1.94	1.50
Freq	13.4	6.6	3.4	3.3	6.1	14.4	7.3	6.3	6.5	9.0	11.6	12.1	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Tbtali
10	5.0	3.6	1.8	2.0	4.7	5.4	4.0	4.5	4.9	5.1	5.2	4.3	4.5
	1.92	1.45	1.02	0.92	0.86	1.39	1.36	1.48	1.50	1.38	1.70	1.60	1.26
25	6.2	4.5	2.2	2.6	5.6	6.5	5.0	5.5	6.0	6.2	6.4	5.3	5.6
	2.05	1.55	1.08	0.98	0.86	1.42	1.43	1.54	1.56	1.42	1.78	1.71	1.30
50	7.2	5.3	2.7	3.1	6.3	7.5	5.8	6.4	6.9	7.1	7.4	6.3	6.5
	2.26	1.72	1.19	1.07	0.86	1.47	1.54	1.66	1.65	1.48	1.90	1.88	1.37
100	8.6	6.3	3.3	3.8	7.1	8.6	6.9	7.6	8.1	8.2	8.6	7.5	7.6
	2.49	1.88	1.30	1.17	0.87	1.56	1.69	1.82	1.80	1.58	2.08	2.07	1.47
200	10.6	7.8	4.0	4.7	7.9	9.8	8.3	9.0	9.5	9.4	10.3	9.2	9.1
	2.38	1.80	1.25	1.12	0.88	1.55	1.63	1.76	1.74	1.56	2.01	1.98	1.51
Freq	13.5	5.9	3.2	3.3	6.3	15.2	6.6	6.2	6.5	9.2	11.8	12.1	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Tbtali
10	3.9	2.7	1.3	1.9	3.8	4.2	3.2	3.6	3.9	4.0	4.0	3.4	3.6
	1.88	1.42	0.97	0.82	0.91	1.42	1.37	1.49	1.49	1.43	1.69	1.62	1.27
25	5.1	3.6	1.8	2.5	4.9	5.5	4.2	4.7	5.1	5.2	5.3	4.5	4.7
	1.99	1.50	1.02	0.83	0.91	1.44	1.44	1.55	1.53	1.46	1.76	1.71	1.31
50	6.2	4.4	2.2	3.0	5.7	6.5	5.1	5.6	6.0	6.2	6.3	5.5	5.6
	2.15	1.63	1.10	0.84	0.92	1.49	1.52	1.64	1.60	1.51	1.86	1.86	1.36
100	7.4	5.4	2.8	3.5	6.6	7.6	6.1	6.7	7.1	7.3	7.5	6.6	6.7
	2.45	1.85	1.24	0.87	0.93	1.56	1.70	1.81	1.73	1.61	2.05	2.12	1.45
200	9.1	6.6	3.3	4.1	7.5	8.8	7.3	8.0	8.4	8.6	8.9	8.1	8.0
	2.36	1.78	1.20	0.89	0.94	1.60	1.67	1.79	1.74	1.63	2.03	2.04	1.49
Freq	12.8	5.5	3.2	3.6	7.6	14.1	6.5	6.3	6.9	9.4	11.9	12.2	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.8	613	4.8	255	4.2	166	3.3	79
25	7.4	777	5.7	393	5.1	286	4.3	168
50	8.0	922	6.5	524	5.9	405	5.2	266
100	8.5	1134	7.5	717	6.9	568	6.1	396
200	9.3	1468	8.9	1160	8.2	913	7.2	633

Unia

40° 50' 00" N 08° 20' 00" E UTM 32 E 443788 m N 4520548 m 40 m s.l.m.

La stazione é situata nella parte NO della Sardegna sulla Penisola dell'Asinara. Il terreno é pianeggiante o leggermente ondulato coltivato a cereali. L'area é caratterizzata da alcune case ,da fattorie e da cespugli sparsi. Le proprietà terriere sono separate da muretti alti circa un metro. Il Mar Mediterraneo dista circa 1.5 km in direzione O e 4 km in direzione E. Tra la stazione ed il mare – nei settori da SO a NO – il terreno é caratterizzato da colline alte circa 90–100 m.
L'anemometro é appoggiato allo spigolo di una cabina di trasformazione di potenza con dimensioni 5 × 5 × 10 m.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.05												
30	0.05	3500	0.00										
60	0.05	3500	0.00										
90	0.05	4000	0.00										
120	0.05												
150	0.05												
180	0.05												
210	0.10												
240	0.10	2500	0.00										
270	0.05	1500	0.00										
300	0.05	1500	0.00										
330	0.05	2500	0.00										

Altezza dell'anemometro: 15.0 m s.l.s. Periodo: 79121818–85101221

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	4.3	203	191	180	114	99	50	40	23	19	40	26	11	4	0	3.5	1.10
30	4.4	124	150	219	198	132	70	39	19	16	19	12	0	0	0	3.8	1.53
60	9.3	70	101	146	171	119	94	77	73	52	60	28	9	1	1	5.2	1.59
90	7.7	85	126	143	113	89	100	103	71	62	65	27	16	0	0	5.6	1.72
120	5.1	157	299	223	148	72	55	20	10	4	6	4	1	0	0	2.8	1.38
150	5.0	129	248	292	184	65	35	26	7	3	12	0	0	0	0	3.0	1.57
180	1.7	184	224	348	179	37	10	5	0	0	9	5	0	0	0	2.8	1.61
210	4.9	122	118	189	224	78	58	48	52	41	35	29	4	2	0	3.8	1.19
240	11.8	42	59	105	137	160	125	110	97	69	69	19	7	2	1	6.0	2.01
270	15.3	48	60	105	134	163	144	126	81	59	50	20	6	4	0	5.9	2.05
300	21.8	37	50	82	108	126	103	96	75	76	119	68	37	16	7	7.3	1.81
330	8.8	105	118	132	84	72	65	77	73	51	76	72	32	26	16	6.6	1.46
Totali	100.0	80	108	141	136	117	94	83	64	52	64	34	15	7	3	5.5	1.50

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	6.1	4.6	4.8	4.4	3.6	3.5	2.9	3.3	3.4	4.4	5.2	6.0	4.3
3	6.4	4.8	5.3	4.4	3.3	3.4	2.9	3.9	3.4	4.3	5.0	5.8	4.4
6	6.2	4.8	5.2	4.7	3.8	4.2	3.1	4.1	3.4	4.1	5.1	5.4	4.5
9	6.9	5.0	5.8	5.8	4.9	5.6	4.9	5.1	4.7	5.1	5.5	6.1	5.4
12	7.1	5.7	6.5	6.1	5.6	6.3	6.0	5.6	5.7	6.1	6.0	7.0	6.1
15	6.8	5.7	6.3	5.8	5.2	5.6	5.6	5.3	5.6	5.4	5.1	6.4	5.7
18	6.3	4.8	5.4	5.1	3.9	3.7	3.5	4.0	3.9	4.3	4.9	6.4	4.7
21	5.8	4.7	4.9	4.5	3.5	3.3	2.5	3.3	3.4	4.1	5.3	6.3	4.3
Giorno	6.4	5.0	5.5	5.1	4.2	4.4	3.9	4.3	4.2	4.7	5.3	6.2	4.9

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.6	4.5	6.1	6.6	4.4	4.1	4.0	6.0	7.4	6.8	8.2	7.9	6.6
	1.26	1.38	1.53	1.66	1.48	1.77	1.81	1.39	1.92	2.01	1.77	1.54	1.56
25	6.1	4.9	6.7	7.3	4.9	4.5	4.3	6.5	8.1	7.5	8.9	8.7	7.3
	1.29	1.42	1.58	1.71	1.52	1.83	1.87	1.42	1.98	2.07	1.81	1.56	1.59
50	6.6	5.3	7.2	7.8	5.3	4.9	4.7	7.0	8.7	8.0	9.6	9.3	7.8
	1.32	1.46	1.62	1.76	1.56	1.88	1.92	1.46	2.04	2.12	1.86	1.60	1.63
100	7.0	5.8	7.8	8.5	5.7	5.3	5.1	7.6	9.4	8.7	10.3	9.9	8.4
	1.29	1.41	1.56	1.70	1.51	1.82	1.86	1.43	1.97	2.06	1.81	1.58	1.60
200	7.6	6.3	8.6	9.3	6.2	5.8	5.6	8.2	10.4	9.6	11.2	10.7	9.2
	1.25	1.34	1.49	1.61	1.44	1.73	1.76	1.37	1.87	1.95	1.74	1.53	1.54
Freq	4.9	4.4	8.6	7.9	5.4	5.0	2.2	4.4	10.8	14.8	20.9	10.6	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.4	3.2	4.3	4.4	2.8	2.9	2.9	4.5	5.1	4.8	5.9	5.3	4.6
	1.10	1.23	1.33	1.36	1.36	1.53	1.23	1.36	1.65	1.62	1.56	1.28	1.37
25	4.1	3.9	5.2	5.3	3.3	3.5	3.5	5.4	6.1	5.8	6.9	6.3	5.5
	1.17	1.32	1.43	1.46	1.47	1.65	1.32	1.44	1.78	1.74	1.64	1.33	1.45
50	4.8	4.6	6.1	6.2	3.9	4.1	4.1	6.3	7.1	6.7	7.9	7.2	6.4
	1.28	1.48	1.60	1.64	1.65	1.85	1.48	1.58	2.00	1.96	1.77	1.40	1.58
100	5.8	5.5	7.3	7.4	4.7	4.8	4.9	7.4	8.4	7.9	9.2	8.2	7.6
	1.37	1.58	1.71	1.74	1.75	1.98	1.57	1.69	2.13	2.08	1.90	1.50	1.69
200	7.0	6.8	9.0	9.2	5.8	6.0	6.1	9.0	10.5	9.9	10.9	9.5	9.2
	1.31	1.51	1.63	1.67	1.67	1.88	1.50	1.63	2.04	1.99	1.83	1.46	1.65
Freq	4.3	4.9	9.1	7.4	5.1	4.7	2.0	5.6	12.2	15.9	20.5	8.3	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.0	2.9	3.8	3.7	2.5	2.6	2.7	4.1	4.4	4.2	5.1	4.5	4.0
	1.11	1.19	1.34	1.31	1.40	1.56	1.19	1.44	1.65	1.56	1.56	1.26	1.37
25	3.7	3.6	4.7	4.6	3.1	3.2	3.4	5.1	5.4	5.2	6.3	5.5	5.0
	1.18	1.27	1.43	1.40	1.49	1.66	1.27	1.52	1.77	1.66	1.62	1.30	1.44
50	4.4	4.3	5.6	5.5	3.6	3.8	4.1	6.0	6.4	6.2	7.3	6.4	5.8
	1.29	1.40	1.58	1.55	1.65	1.84	1.40	1.67	1.96	1.84	1.73	1.36	1.55
100	5.3	5.2	6.7	6.6	4.3	4.5	4.9	7.1	7.6	7.4	8.5	7.5	6.9
	1.41	1.53	1.73	1.70	1.81	2.02	1.53	1.83	2.15	2.02	1.90	1.48	1.70
200	6.5	6.4	8.2	8.1	5.3	5.5	6.0	8.7	9.4	9.1	10.0	8.7	8.4
	1.36	1.47	1.66	1.63	1.73	1.93	1.47	1.76	2.06	1.93	1.83	1.44	1.66
Freq	4.3	5.3	9.0	7.2	5.1	4.3	2.3	6.2	12.6	16.4	19.4	7.9	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.4	2.5	3.0	2.7	1.9	2.0	2.3	3.4	3.4	3.4	4.0	3.5	3.1
	1.16	1.25	1.35	1.26	1.40	1.48	1.17	1.55	1.66	1.52	1.55	1.23	1.37
25	3.2	3.3	4.0	3.7	2.6	2.6	3.1	4.5	4.5	4.5	5.2	4.5	4.2
	1.22	1.32	1.42	1.33	1.49	1.56	1.24	1.64	1.76	1.62	1.61	1.26	1.43
50	3.9	4.0	4.8	4.5	3.1	3.2	3.8	5.4	5.4	5.5	6.3	5.4	5.0
	1.32	1.43	1.54	1.44	1.61	1.69	1.34	1.77	1.91	1.75	1.69	1.31	1.53
100	4.8	4.9	5.9	5.5	3.8	3.8	4.6	6.5	6.6	6.6	7.5	6.4	6.1
	1.50	1.63	1.75	1.63	1.83	1.93	1.52	2.01	2.18	1.99	1.86	1.41	1.70
200	5.8	5.9	7.2	6.7	4.6	4.7	5.6	7.9	8.0	8.1	8.9	7.5	7.4
	1.45	1.57	1.69	1.57	1.77	1.86	1.47	1.94	2.10	1.92	1.85	1.42	1.68
Freq	4.3	5.9	8.8	6.9	5.1	3.9	2.7	7.0	13.0	17.2	17.8	7.4	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.0	337	4.2	143	3.7	94	2.9	45
25	6.5	426	5.0	220	4.5	162	3.8	96
50	7.0	507	5.7	293	5.2	228	4.5	151
100	7.6	657	6.7	432	6.2	333	5.4	227
200	8.3	910	8.2	812	7.5	618	6.6	408

Uras

39° 42' 00" N 08° 42' 00" E UTM 32 E 474279 m N 4394579 m 30 m s.l.m.

La stazione é situata nella parte SO della Sardegna, a 19 km dalla costa, a 2–4 km dalle montagne nei settori N–E ed all’estremitá nord occidentale della Valle del Campidano. Il terreno intorno alla stazione é aperto e pianeggiante. Il palo anemometrico é situato 6 m a N da una stazione di trasformazione dell’energia elettrica. Il caseggiato dell’impianto di trasformazione é orientato N–S con dimensioni all’incirca di 15 × 30 × 4 m ed é circondato da un muro alto circa 3 m: altre strutture relative ad esso sono a circa 20 m di distanza nei settori N–E. A N ed a S, a circa 100 m, si estendono file di alberi in direzione W–E.

Sett	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Perc	Grad
0	0.05												
30	0.03	2000	0.40										
60	0.03	2000	0.40										
90	0.03	2000	0.40										
120	0.15												
150	0.15												
180	0.15												
210	0.15												
240	0.05	2000	0.20										
270	0.15												
300	0.07												
330	0.05												

Altezza dell’anemometro: 15.0 m s.l.s. Periodo: 79121712–81012706

Sett	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	9.5	162	165	251	170	96	31	57	10	17	33	8	0	0	0	3.3	1.30
30	4.1	385	391	182	31	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1.7	1.37
60	3.2	539	350	60	22	11	0	11	7	0	0	0	0	0	0	1.3	1.06
90	6.9	329	242	120	55	24	15	38	39	35	27	49	18	8	0	2.6	0.81
120	17.0	173	207	107	92	62	73	80	70	31	63	26	8	6	0	4.5	1.31
150	7.9	226	234	126	110	75	59	55	39	49	26	0	0	0	0	3.4	1.26
180	0.7	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	10.34
210	0.8	498	139	133	139	45	46	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	1.22
240	2.1	312	177	27	119	99	48	32	128	16	16	27	0	0	0	3.9	1.31
270	4.3	171	114	168	151	163	122	43	8	25	26	0	9	0	0	4.2	1.66
300	24.8	53	73	93	135	161	142	112	54	56	72	38	11	1	0	5.9	1.85
330	18.8	97	140	173	166	119	74	75	32	24	67	21	9	1	1	4.5	1.36
Tbtali	100.0	175	167	134	121	99	77	71	41	33	50	22	7	2	0	4.3	1.33

UTC	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
0	3.9	3.4	3.0	4.3	2.0	2.7	1.6	2.5	2.5	2.6	2.8	4.5	3.0
3	4.1	3.2	2.6	3.8	2.1	2.4	1.6	2.5	2.0	2.7	3.5	4.3	2.9
6	4.2	3.5	2.7	4.4	2.0	2.3	1.8	2.3	1.4	2.6	3.1	4.8	3.0
9	4.8	3.0	4.2	5.4	3.8	4.4	4.1	4.3	3.4	4.2	3.2	5.3	4.3
12	6.2	4.3	5.5	6.4	5.2	5.5	5.7	6.0	4.7	5.2	3.8	6.8	5.5
15	5.8	4.9	5.8	6.8	5.7	5.2	5.6	6.1	5.7	5.4	3.7	6.6	5.7
18	3.9	3.3	3.3	5.1	4.0	4.5	4.5	5.1	3.7	3.4	3.0	4.9	4.1
21	3.8	3.0	3.0	4.2	2.9	2.6	2.2	2.9	2.4	3.0	3.2	4.3	3.2
Giorno	4.6	3.6	3.8	5.0	3.4	3.7	3.4	4.0	3.2	3.6	3.3	5.2	4.0

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	5.4	3.6	2.2	3.0	6.8	6.1	4.3	1.8	5.6	6.6	8.5	7.3	6.2
	1.49	1.35	1.37	0.78	1.34	1.37	1.24	1.00	1.47	1.83	2.08	1.79	1.42
25	6.0	4.0	2.4	3.3	7.4	6.6	4.7	2.0	6.1	7.2	9.3	8.0	6.8
	1.54	1.40	1.41	0.78	1.36	1.40	1.28	1.03	1.52	1.89	2.13	1.84	1.45
50	6.4	4.3	2.6	3.5	7.9	7.1	5.1	2.2	6.6	7.7	9.9	8.6	7.3
	1.58	1.43	1.45	0.79	1.39	1.44	1.31	1.06	1.56	1.94	2.19	1.89	1.48
100	6.9	4.7	2.8	3.8	8.5	7.6	5.5	2.3	7.1	8.4	10.7	9.3	7.9
	1.52	1.39	1.40	0.79	1.38	1.41	1.27	1.02	1.51	1.88	2.13	1.84	1.46
200	7.6	5.1	3.0	4.0	9.1	8.3	6.0	2.5	7.8	9.2	11.7	10.2	8.6
	1.45	1.32	1.33	0.78	1.34	1.36	1.21	0.98	1.43	1.78	2.05	1.76	1.42
Freq	12.8	6.0	3.5	5.5	13.3	11.3	3.5	0.8	1.6	3.5	17.6	20.7	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.4	1.9	1.3	2.5	5.0	3.9	1.9	1.8	3.9	4.6	6.0	4.6	4.3
	1.26	1.10	1.07	0.78	1.28	1.21	0.84	1.08	1.26	1.59	1.81	1.40	1.26
25	4.1	2.3	1.6	2.9	5.9	4.7	2.3	2.2	4.7	5.5	7.1	5.5	5.1
	1.36	1.19	1.15	0.80	1.33	1.29	0.90	1.16	1.35	1.71	1.92	1.49	1.33
50	4.9	2.8	2.0	3.3	6.7	5.5	2.8	2.6	5.6	6.4	8.1	6.4	6.0
	1.52	1.33	1.28	0.82	1.41	1.43	0.99	1.29	1.51	1.92	2.10	1.65	1.43
100	5.8	3.3	2.3	3.9	7.7	6.5	3.4	3.1	6.7	7.6	9.5	7.6	7.0
	1.62	1.41	1.36	0.87	1.51	1.52	1.05	1.37	1.61	2.05	2.25	1.77	1.53
200	7.2	4.1	2.9	4.3	9.0	7.9	4.2	3.8	8.2	9.4	11.4	9.3	8.5
	1.54	1.35	1.30	0.85	1.46	1.46	1.01	1.31	1.54	1.96	2.16	1.69	1.49
Freq	10.5	4.7	3.3	6.5	15.7	9.0	1.6	0.8	2.0	4.0	22.6	19.4	100.0

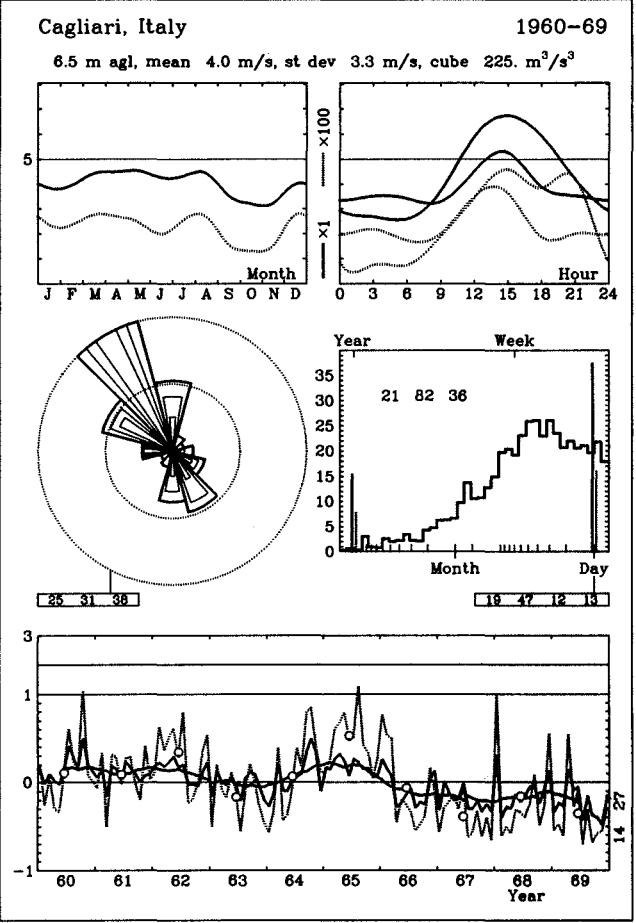
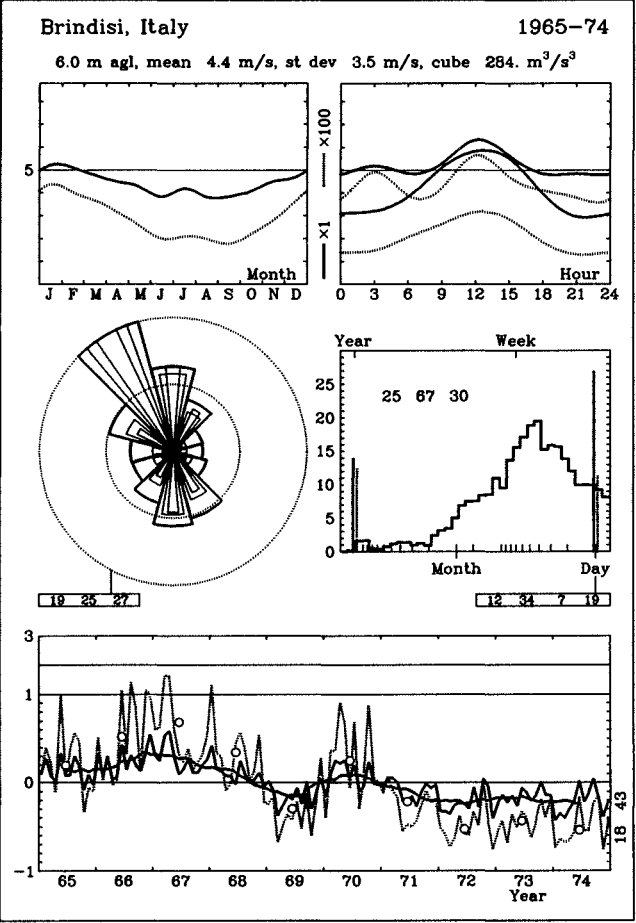
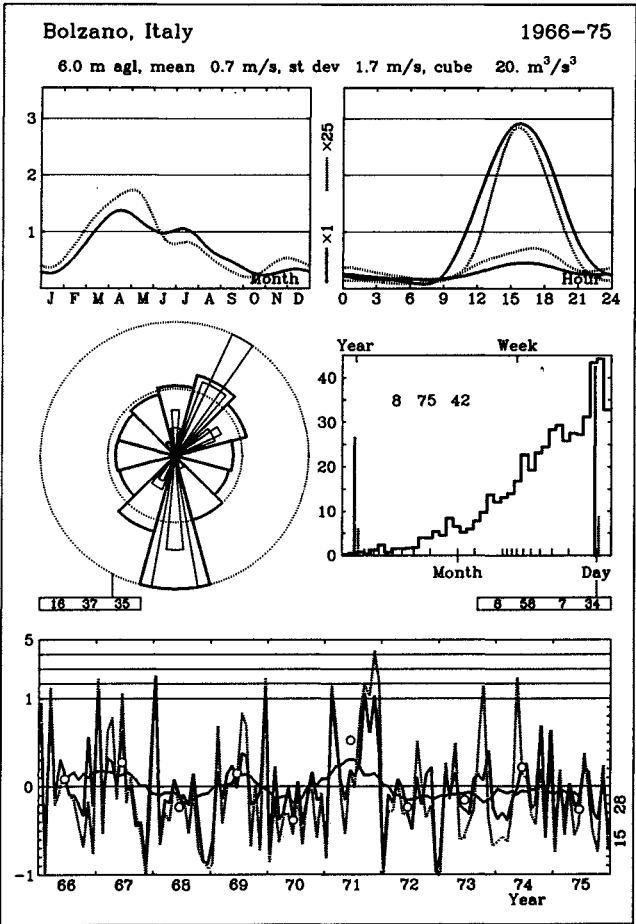
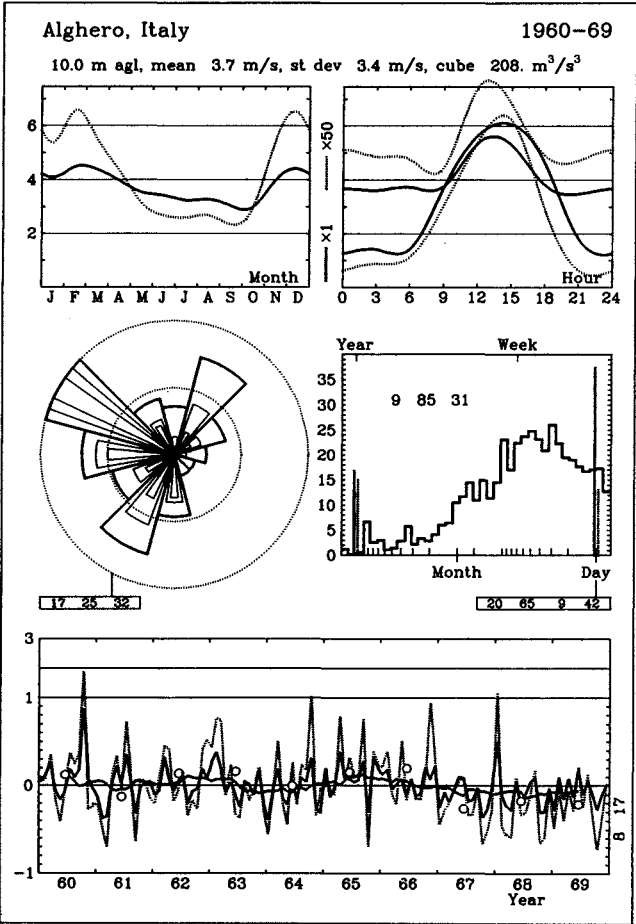
Classe di rugosità 2

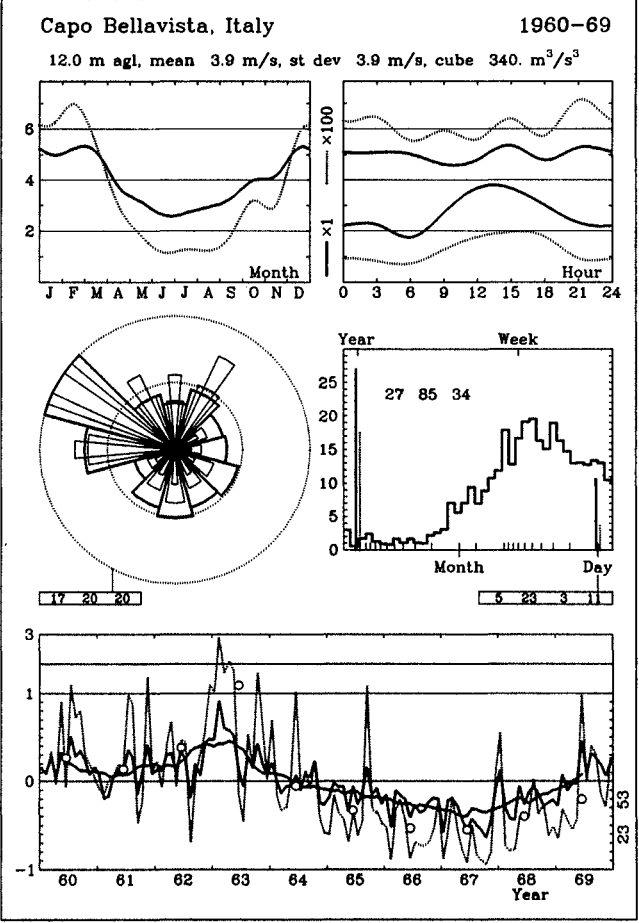
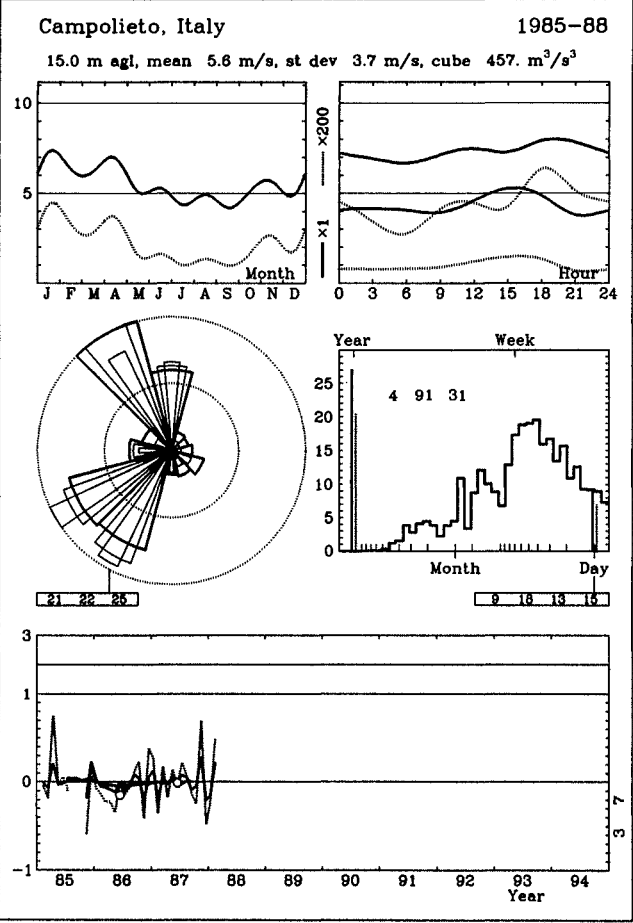
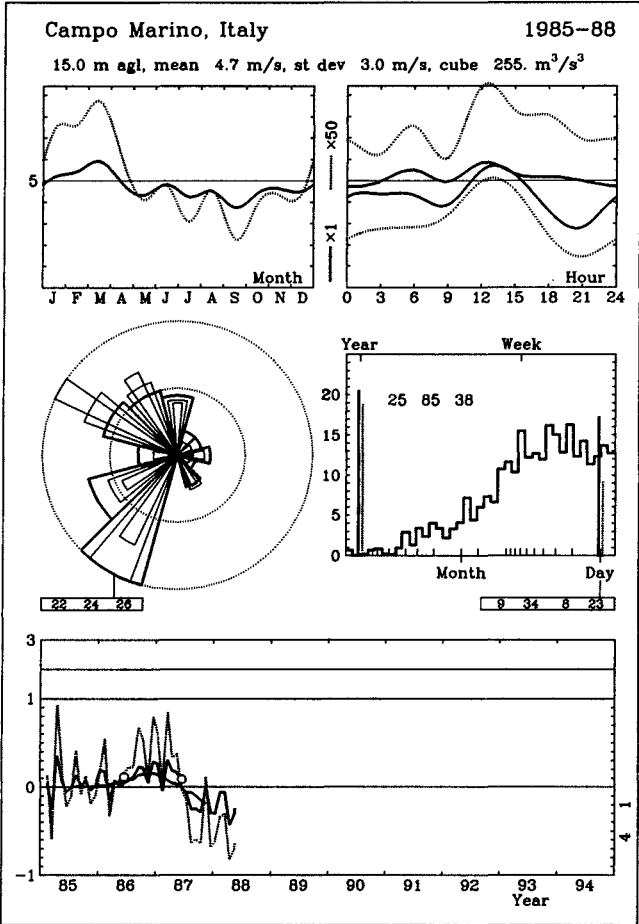
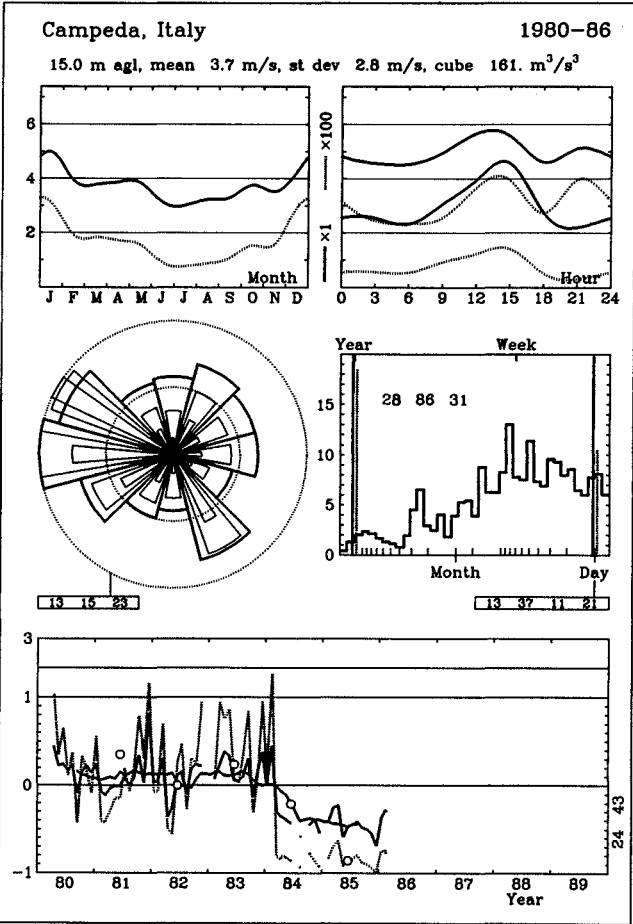
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.9	1.6	1.1	2.3	4.3	3.2	0.5	1.7	3.5	4.0	5.2	3.9	3.7
	1.30	1.27	1.04	0.80	1.29	1.22	0.55	1.16	1.28	1.60	1.82	1.37	1.27
25	3.6	2.0	1.4	2.8	5.3	4.1	0.6	2.2	4.3	4.9	6.4	4.8	4.6
	1.39	1.36	1.11	0.81	1.33	1.30	0.58	1.23	1.37	1.71	1.92	1.45	1.33
50	4.3	2.3	1.7	3.2	6.2	4.8	0.8	2.6	5.2	5.8	7.4	5.7	5.4
	1.53	1.49	1.22	0.83	1.40	1.44	0.62	1.36	1.51	1.90	2.08	1.59	1.41
100	5.2	2.8	2.1	3.7	7.2	5.8	1.0	3.1	6.2	6.9	8.7	6.8	6.5
	1.68	1.64	1.33	0.87	1.52	1.58	0.67	1.49	1.65	2.08	2.28	1.74	1.53
200	6.4	3.4	2.6	4.2	8.3	7.2	1.2	3.8	7.6	8.6	10.5	8.3	7.8
	1.61	1.57	1.27	0.87	1.48	1.51	0.65	1.43	1.58	1.99	2.20	1.67	1.50
Freq	9.7	4.2	3.2	6.8	16.6	8.2	0.9	0.8	2.1	4.2	24.4	19.0	100.0

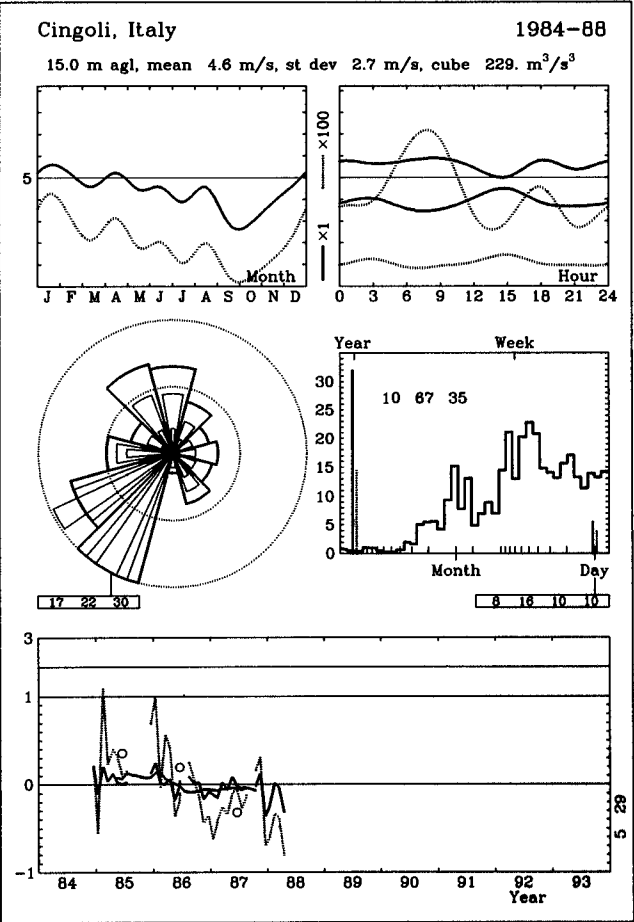
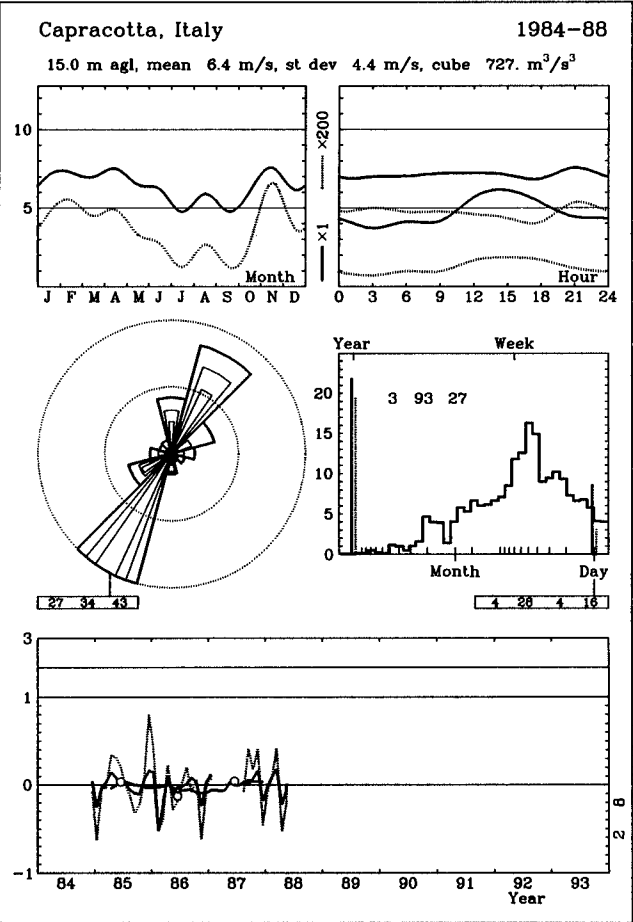
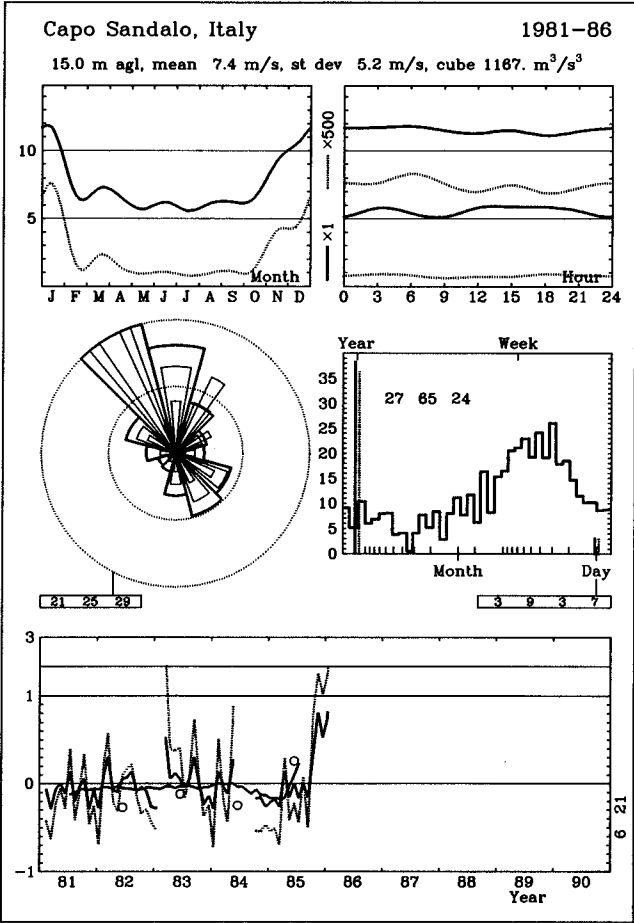
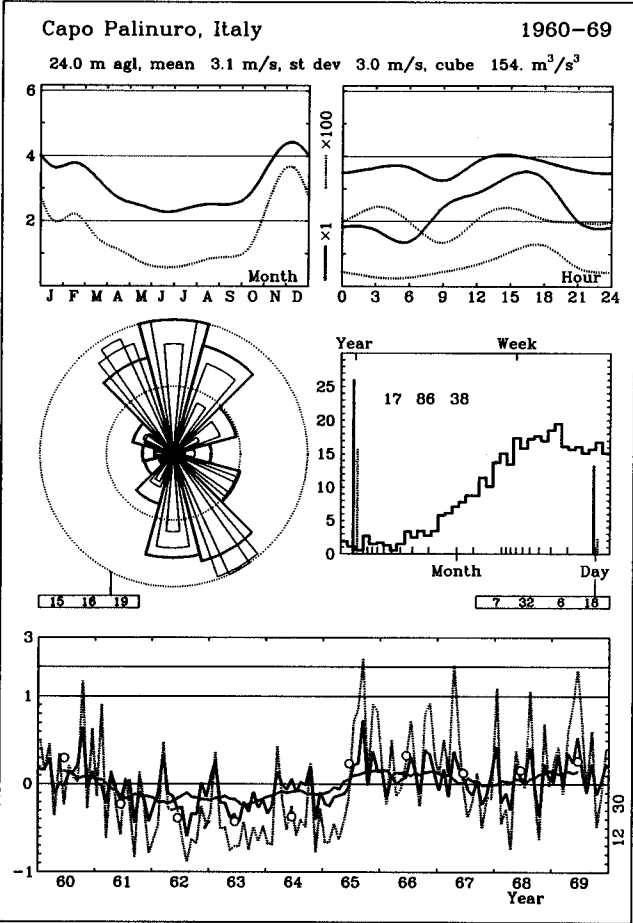
Classe di rugosità 3

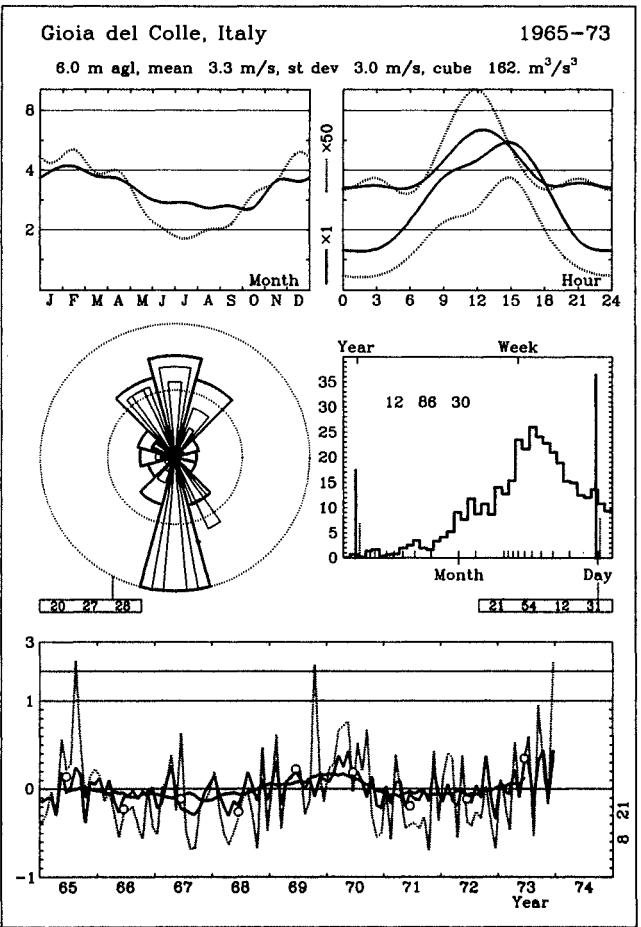
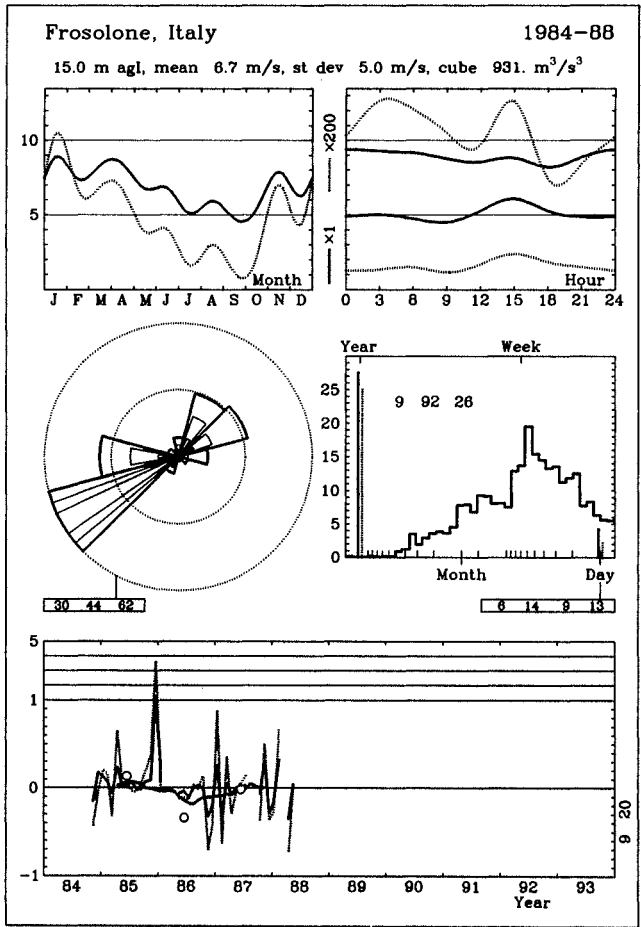
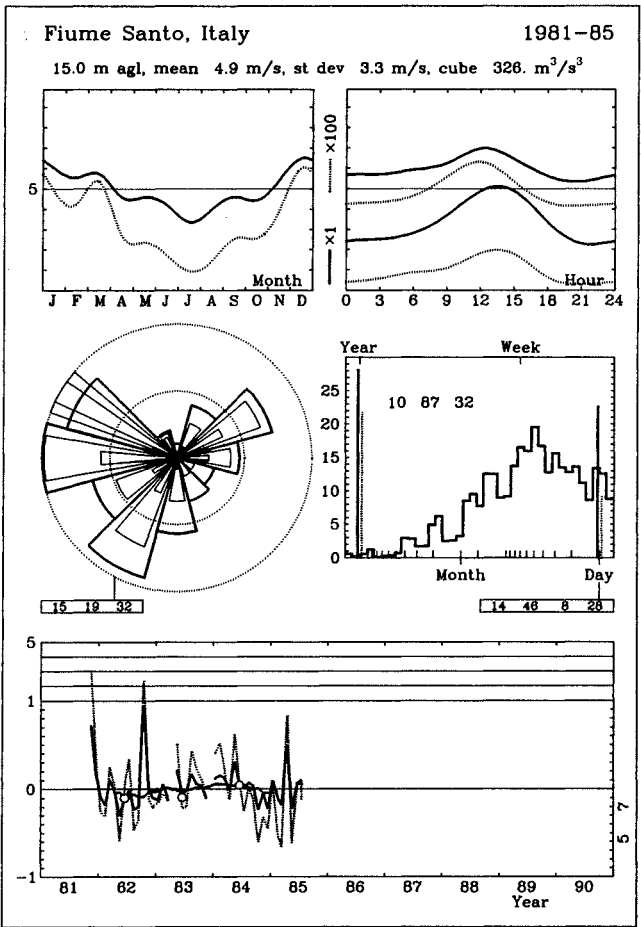
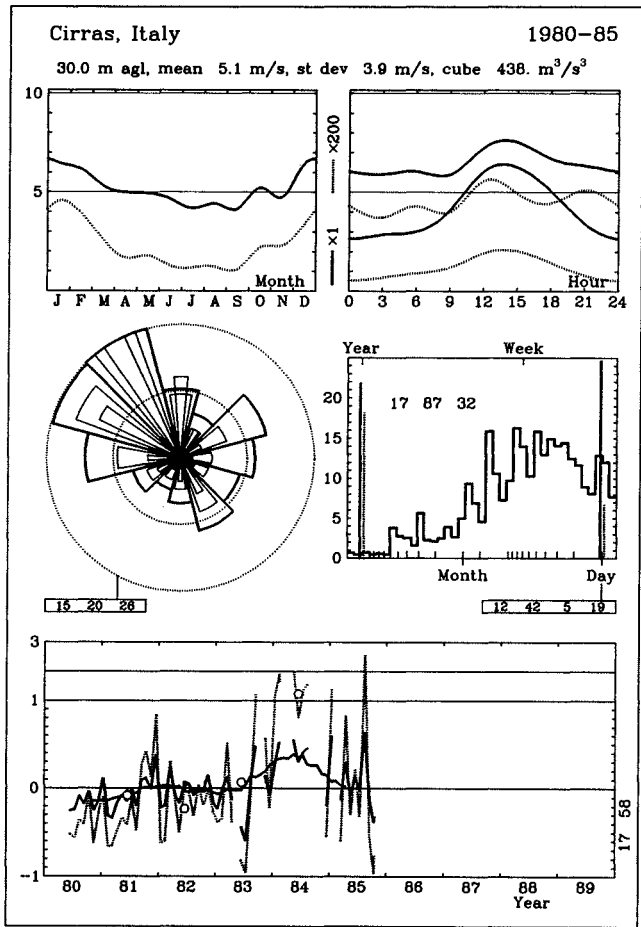
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.2	1.1	1.0	2.2	3.4	2.5	0.7	1.6	2.8	3.5	4.0	3.0	3.0
	1.25	1.29	0.76	0.90	1.30	1.24	1.17	1.10	1.31	1.68	1.80	1.34	1.28
25	2.9	1.5	1.3	2.8	4.5	3.4	0.9	2.2	3.7	4.6	5.3	3.9	3.9
	1.33	1.37	0.80	0.92	1.34	1.31	1.24	1.15	1.39	1.78	1.88	1.41	1.33
50	3.5	1.9	1.6	3.4	5.3	4.2	1.1	2.7	4.5	5.6	6.3	4.8	4.7
	1.44	1.48	0.86	0.95	1.40	1.42	1.34	1.25	1.51	1.93	2.01	1.52	1.41
100	4.3	2.3	2.1	4.1	6.3	5.1	1.4	3.3	5.5	6.7	7.6	5.8	5.7
	1.63	1.68	0.96	0.99	1.50	1.62	1.52	1.42	1.71	2.20	2.26	1.72	1.54
200	5.3	2.8	2.5	4.7	7.5	6.2	1.7	4.1	6.8	8.2	9.1	7.0	6.9
	1.57	1.62	0.93	1.01	1.51	1.56	1.46	1.37	1.65	2.12	2.20	1.66	1.53
Freq	8.9	4.0	3.6	7.8	16.1	7.2	0.7	0.9	2.3	6.4	24.3	17.8	100.0

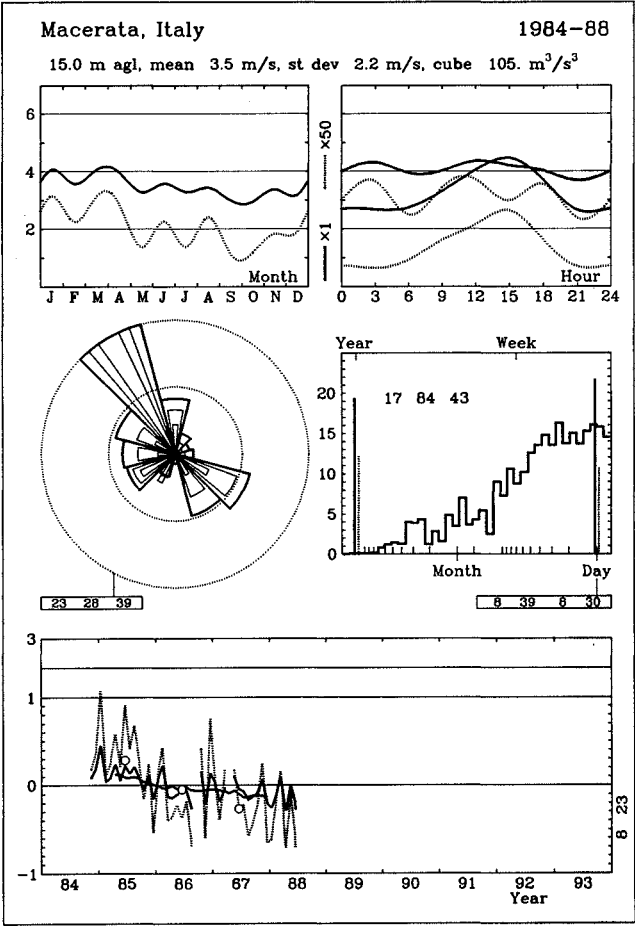
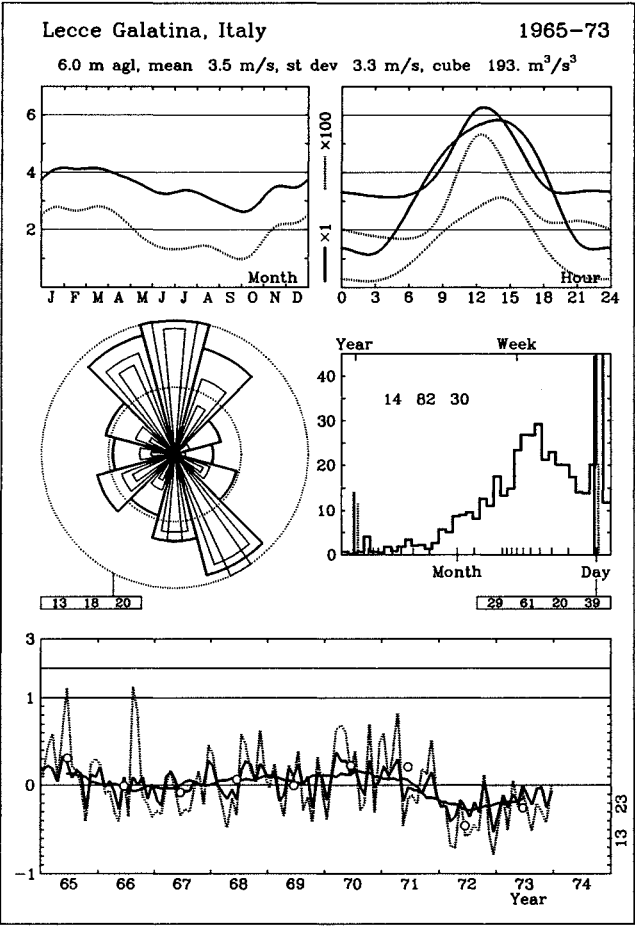
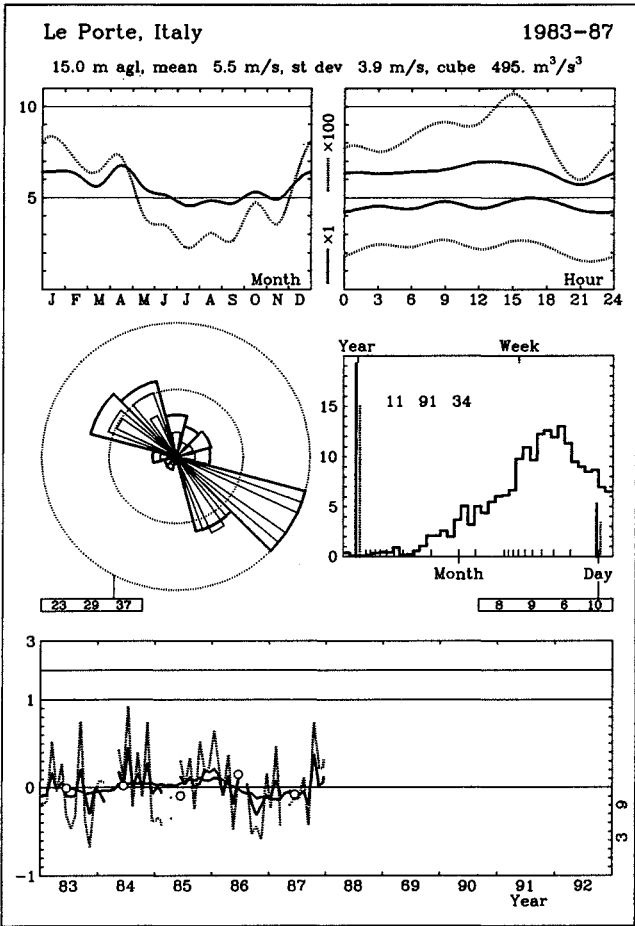
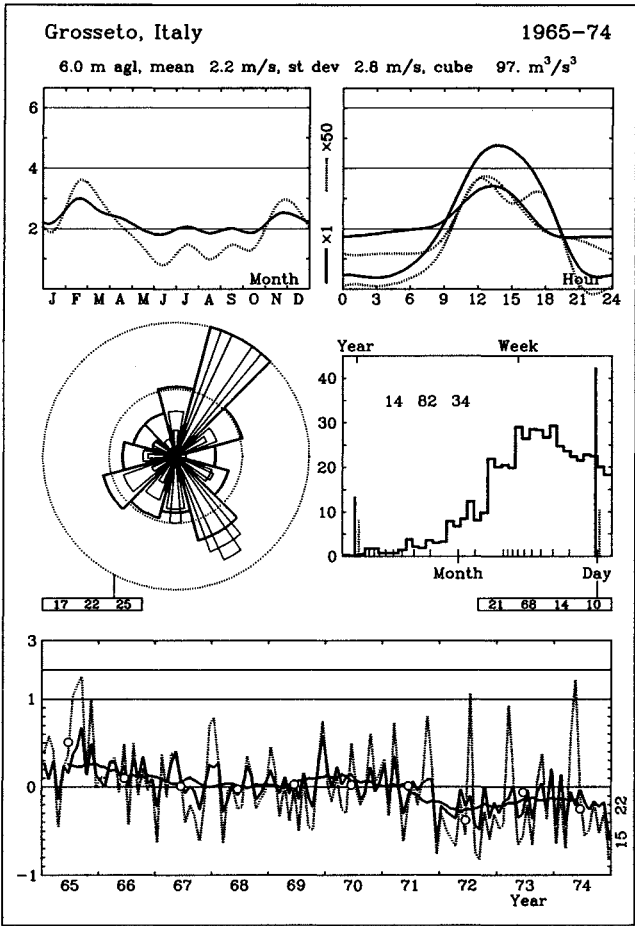
z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.7	328	4.0	140	3.5	92	2.8	44
25	6.2	414	4.7	215	4.3	157	3.6	94
50	6.6	490	5.4	285	5.0	222	4.3	147
100	7.1	629	6.3	409	5.8	319	5.2	219
200	7.8	863	7.6	749	7.0	574	6.2	383

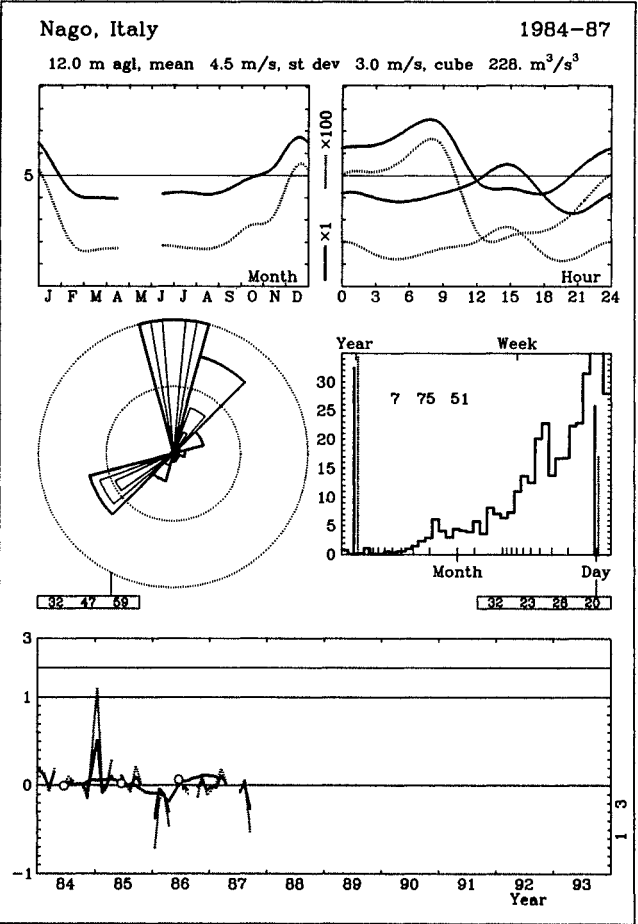
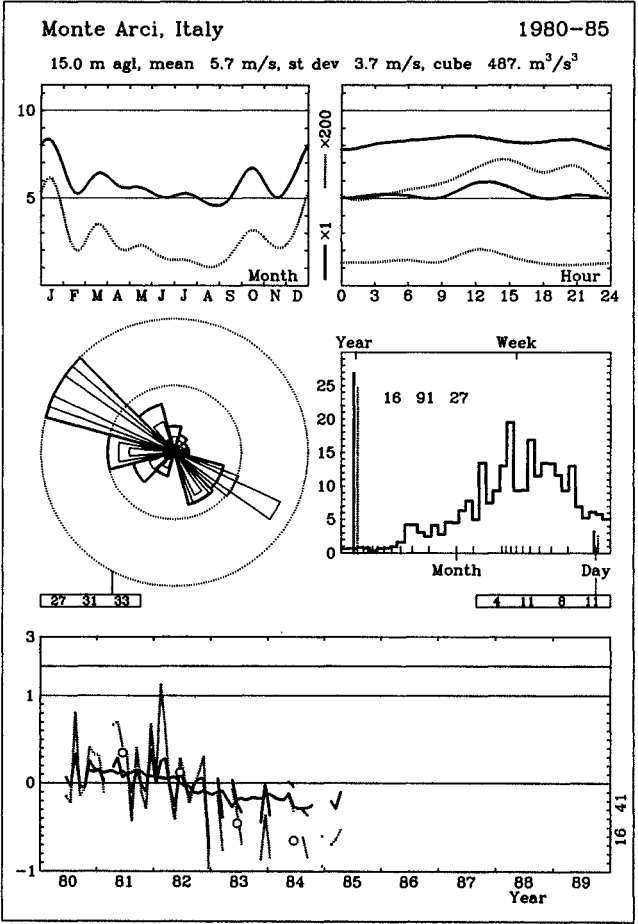
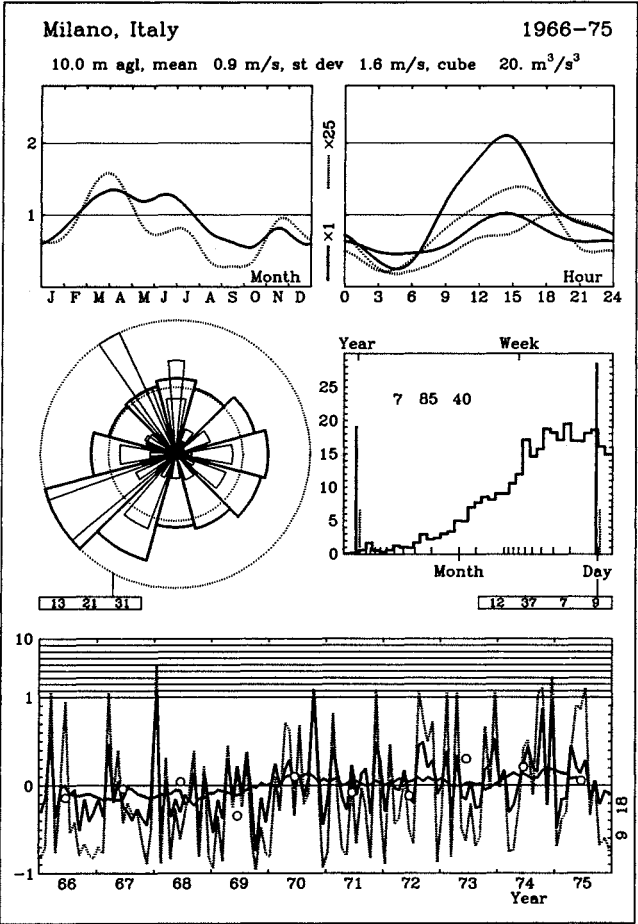
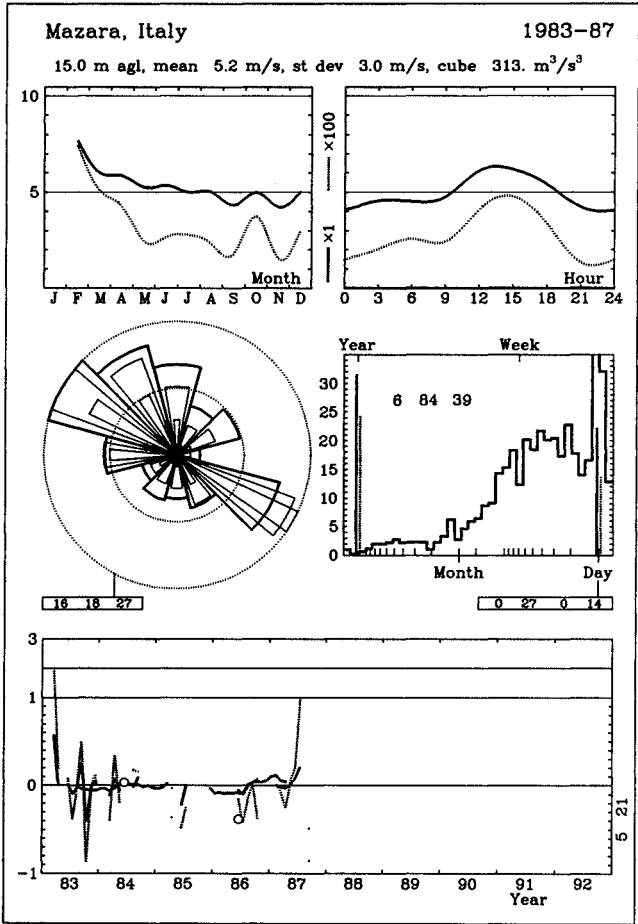


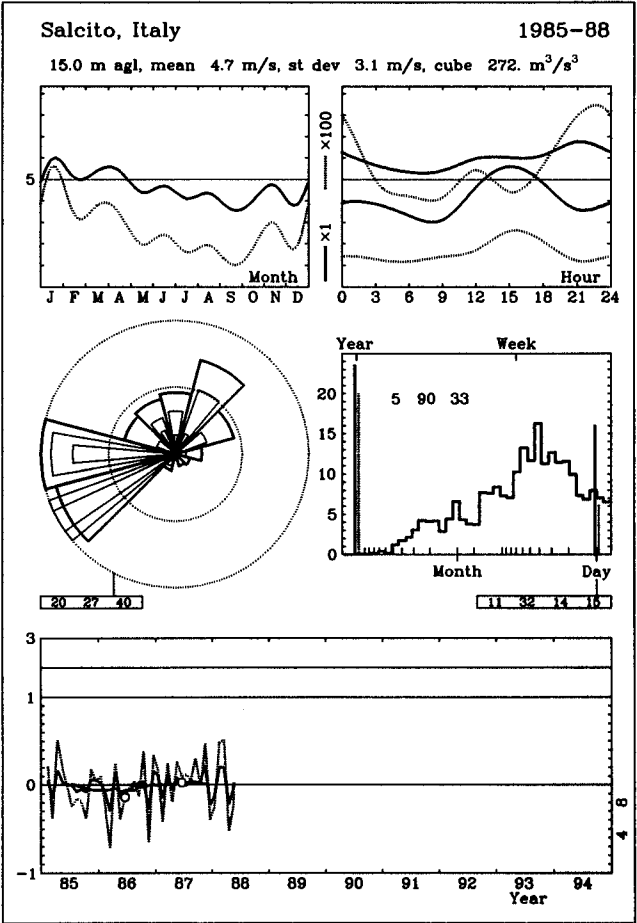
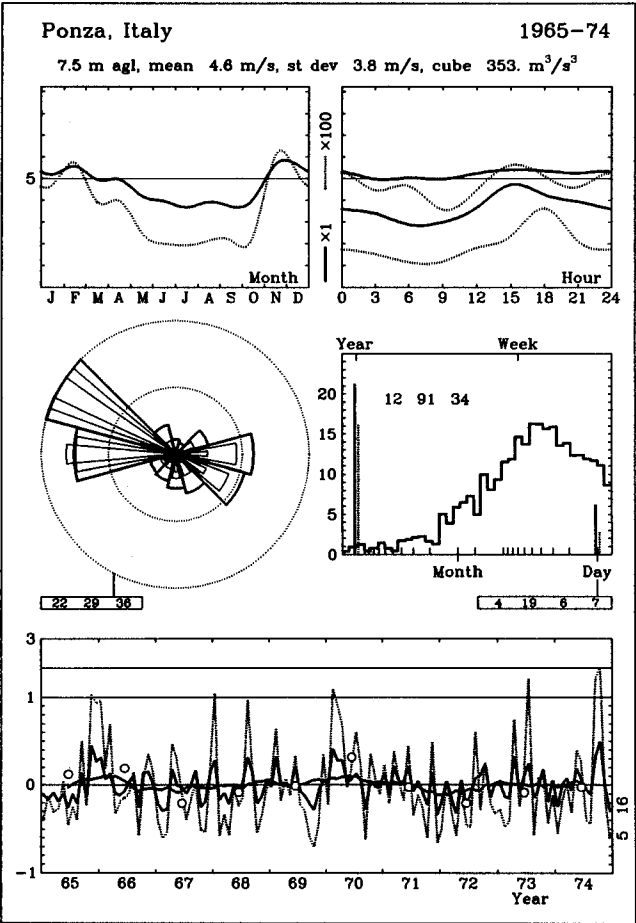
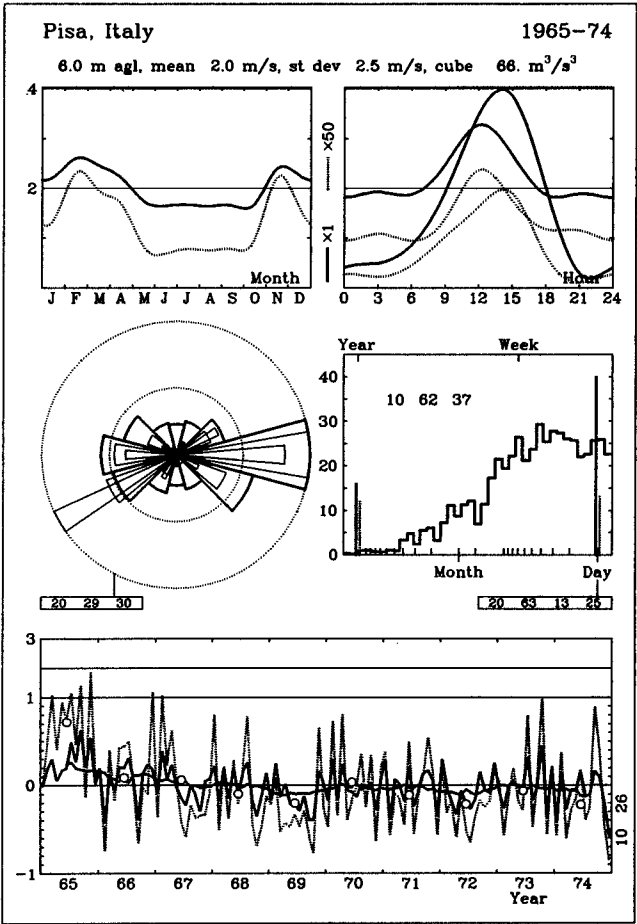
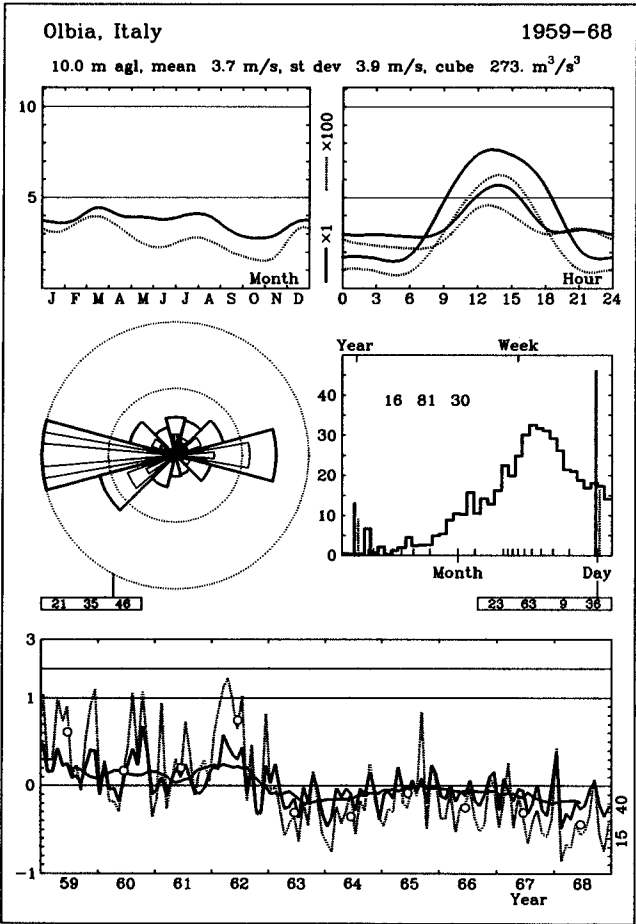


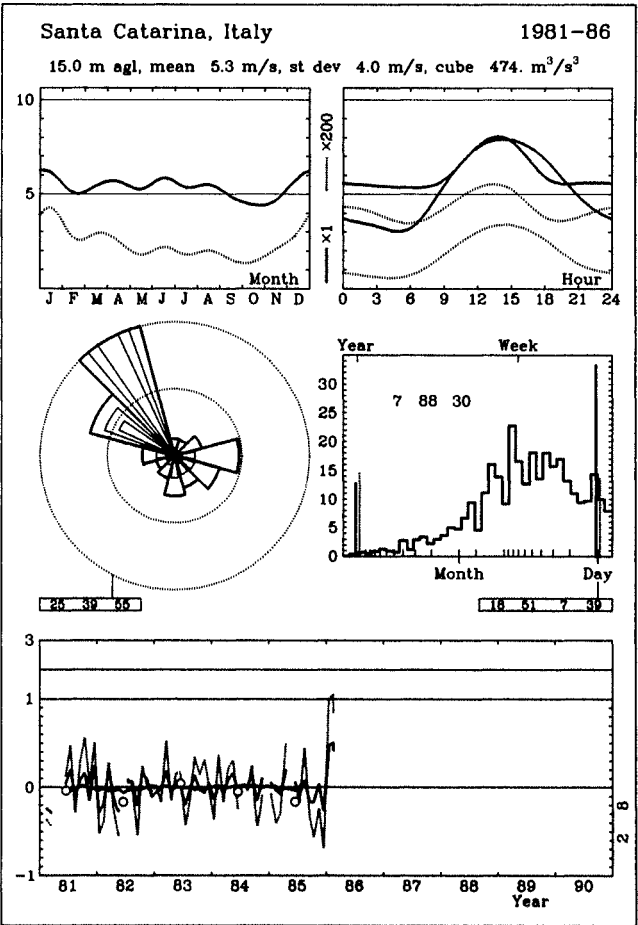
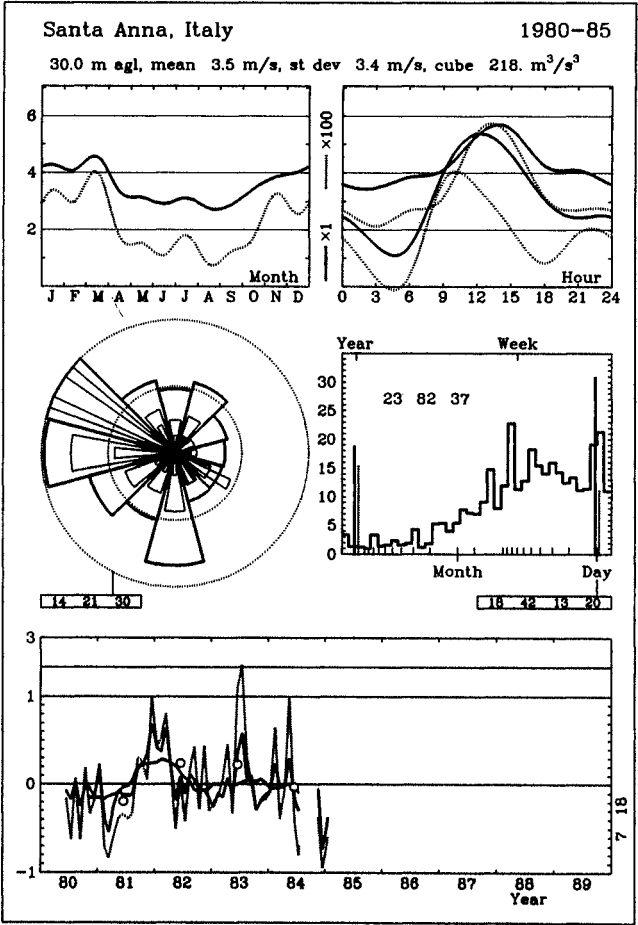
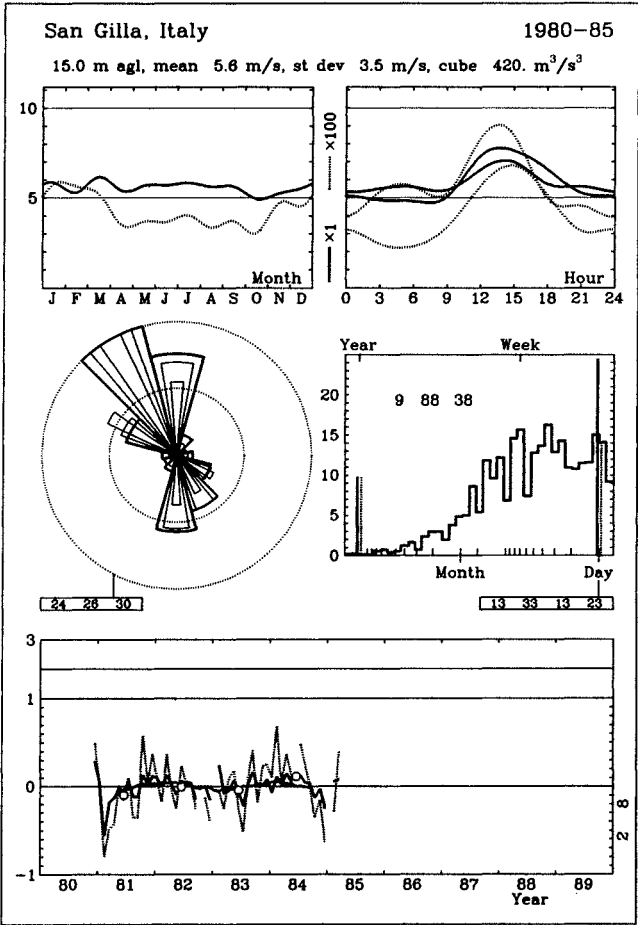
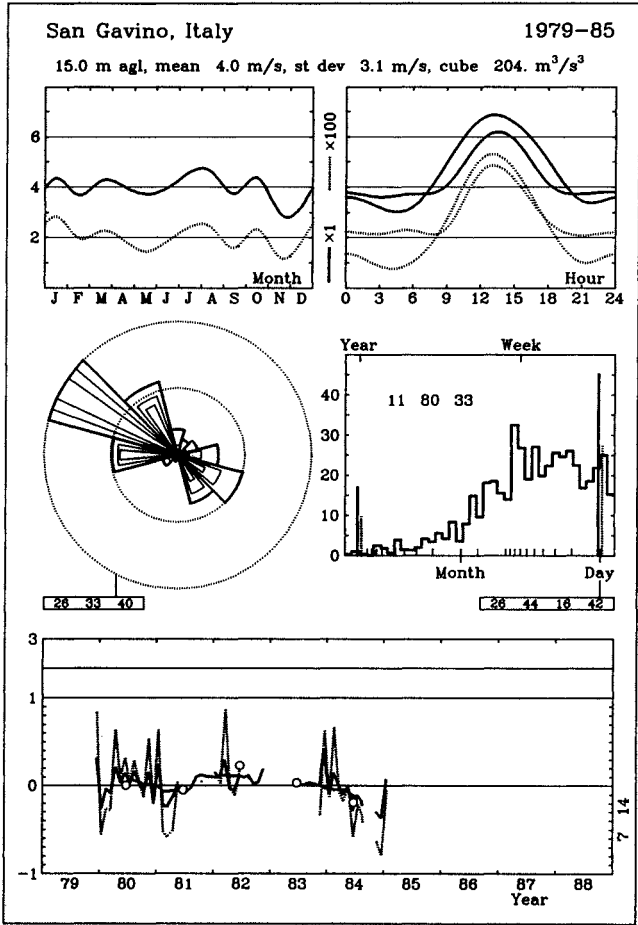












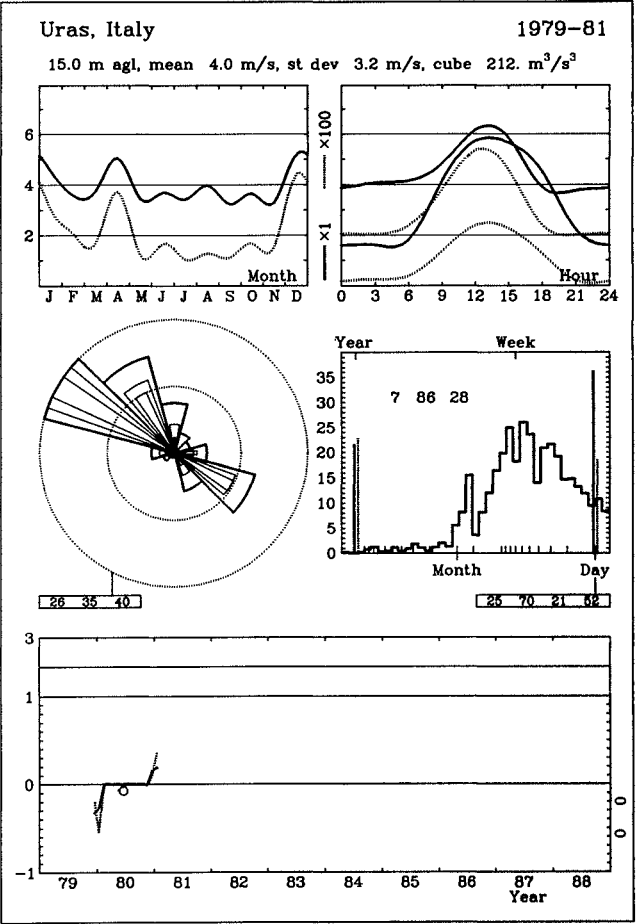
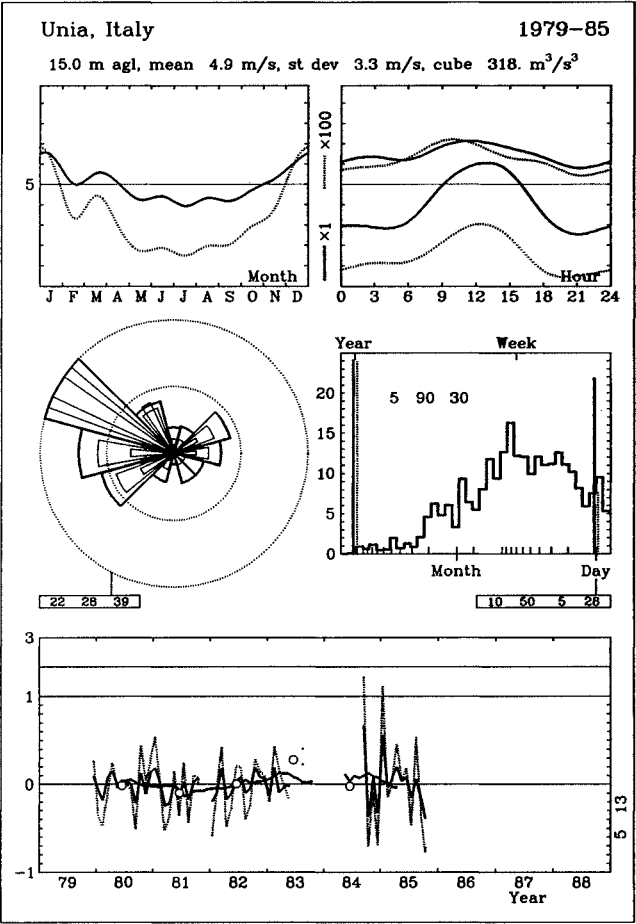
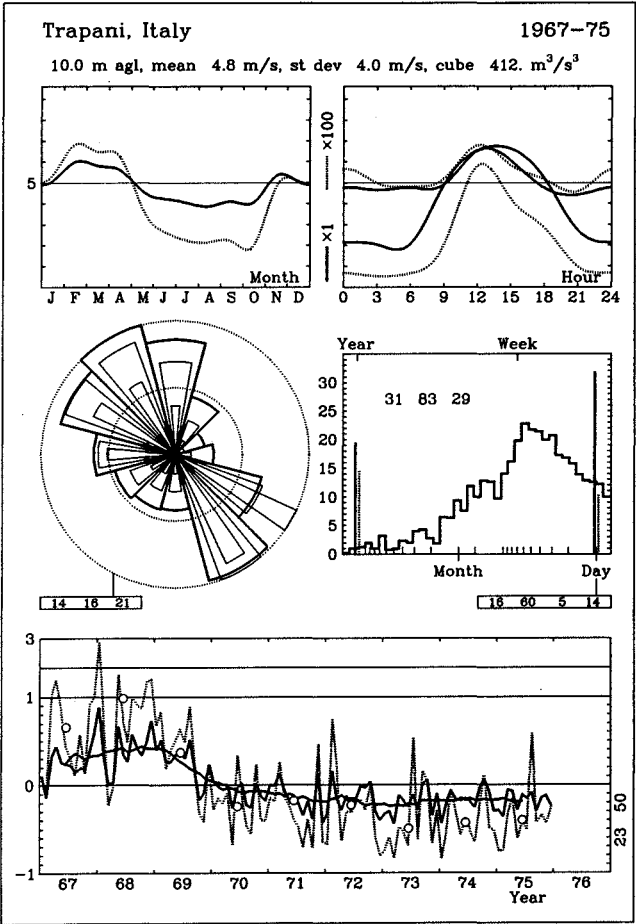
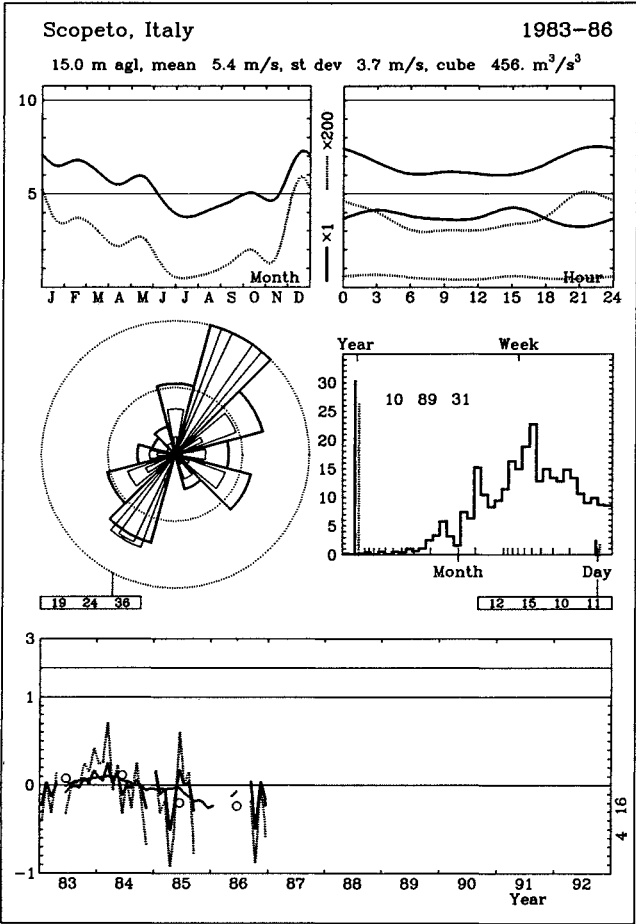


Tabella 7.3. Statistica dei radiosondaggi analizzati, vedere Tavola 7.2. Nelle tavole seguenti è riportata la statistica che riguarda le distribuzioni di frequenza sperimentali: i parametri di Weibull A e k per la distribuzione totale di frequenza, la velocità media, la media del quadrato e del cubo della velocità del vento. Gli indici d ed e si riferiscono rispettivamente ai valori calcolati dalle frequenze osservate e dalla distribuzione analitica ottenuta mediante i parametri di Weibull.

	A m s^{-1}	k	\bar{u}_d m s^{-1}	\bar{u}_e m s^{-1}	$\overline{u_d^2}$ m^2s^{-2}	$\overline{u_e^2}$ m^2s^{-2}	$\overline{u_d^3}$ m^3s^{-3}	$\overline{u_e^3}$ m^3s^{-3}
Belgio								
Ukkel	10.9	1.79	9.9	9.7	127.0	126.4	1986	1984
Danimarca								
Risø	11.4	1.72	10.3	10.2	141.5	141.5	2402	2401
Francia								
Ajaccio	6.3	1.45	6.0	5.7	50.0	48.6	533	533
Bordeaux	10.2	1.63	9.4	9.1	116.9	115.3	1820	1819
Brest	12.4	1.86	11.2	11.0	159.7	157.9	2725	2723
Lyon	10.0	1.58	9.3	8.9	114.9	113.4	1806	1805
Nancy	10.7	1.64	9.9	9.5	128.0	126.3	2075	2073
Nantes	11.2	1.84	10.2	9.9	131.2	129.5	2036	2034
Nîmes	10.9	1.69	10.0	9.7	131.1	128.9	2108	2107
Toulouse	8.9	1.48	8.4	8.0	95.9	94.7	1432	1431
Trappes	11.6	1.77	10.7	10.4	146.2	144.1	2435	2433
Germania (FRG)								
Emden	11.4	1.82	10.1	10.1	136.5	136.3	2210	2208
Essen	10.6	1.61	9.6	9.5	127.8	126.8	2114	2112
Hannover	10.8	1.63	9.9	9.7	133.6	131.2	2207	2205
München	8.0	1.26	7.7	7.5	93.5	91.7	1526	1525
Schleswig	11.8	1.77	10.5	10.5	146.8	146.7	2501	2499
Stuttgart	8.7	1.40	8.1	7.9	96.6	95.4	1498	1498
Grecia								
Athina	9.0	1.65	8.4	8.0	91.7	89.6	1238	1237
Heraklion	11.6	1.77	10.4	10.3	143.8	143.7	2423	2421
Irlanda								
Valentia	13.6	2.07	11.8	12.0	180.5	182.1	3223	3221
Italia								
Brindisi	9.2	1.58	8.4	8.2	96.4	95.9	1402	1401
Cagliari	9.4	1.58	8.3	8.4	100.7	101.2	1523	1522
Roma	7.5	1.53	7.0	6.8	66.9	66.4	823	823
Udine	6.2	1.44	5.8	5.6	47.3	47.7	521	521
Gran Bretagna								
Aughton	12.5	1.79	11.1	11.1	164.6	165.6	2984	2982
Camborne	12.7	1.87	11.2	11.3	164.7	166.3	2941	2939
Crawley	12.3	1.78	11.0	10.9	160.1	160.2	2848	2846
Hemsby	11.9	1.78	10.6	10.6	148.4	149.2	2557	2555
Lerwick	13.0	1.87	11.4	11.5	172.3	173.4	3131	3129
Stornoway	13.1	1.81	11.6	11.7	179.9	180.6	3376	3373

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	6.3 1.86	5.6 1.78	4.9 1.69	5.5 1.30	7.2 1.49	8.3 1.65	7.8 1.63	6.9 1.68	6.4 1.78	6.4 1.90	6.7 1.94	6.6 1.92	6.7 1.68
25	6.9 1.92	6.1 1.83	5.4 1.74	6.0 1.35	7.9 1.53	9.1 1.67	8.5 1.67	7.6 1.73	7.0 1.83	7.0 1.96	7.3 2.00	7.2 1.98	7.4 1.72
50	7.4 1.97	6.6 1.88	5.8 1.79	6.5 1.38	8.5 1.57	9.7 1.72	9.1 1.71	8.2 1.77	7.5 1.88	7.6 2.02	7.9 2.05	7.8 2.03	7.9 1.77
100	8.1 1.91	7.1 1.82	6.3 1.73	7.0 1.34	9.1 1.53	10.4 1.69	9.8 1.67	8.9 1.72	8.1 1.82	8.2 1.95	8.6 1.99	8.4 1.97	8.6 1.73
200	8.9 1.81	7.8 1.73	6.9 1.64	7.7 1.27	9.9 1.48	11.2 1.63	10.6 1.61	9.8 1.63	9.0 1.73	9.0 1.85	9.4 1.88	9.3 1.86	9.4 1.66
Freq	9.1	4.8	2.7	2.6	4.2	7.7	10.5	11.1	10.2	11.1	12.8	13.1	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.3 1.54	3.8 1.51	3.3 1.36	3.9 1.13	5.2 1.34	5.9 1.46	5.2 1.40	4.7 1.46	4.3 1.54	4.5 1.62	4.6 1.63	4.5 1.58	4.6 1.44
25	5.2 1.67	4.5 1.63	4.0 1.46	4.8 1.21	6.2 1.41	7.0 1.53	6.2 1.49	5.7 1.57	5.2 1.66	5.4 1.75	5.6 1.76	5.4 1.71	5.6 1.54
50	6.0 1.87	5.3 1.83	4.6 1.64	5.6 1.35	7.1 1.52	7.9 1.64	7.2 1.64	6.7 1.76	6.0 1.86	6.3 1.97	6.5 1.98	6.3 1.92	6.5 1.71
100	7.2 1.99	6.3 1.94	5.5 1.74	6.7 1.43	8.3 1.63	9.2 1.76	8.4 1.75	7.9 1.88	7.2 1.98	7.5 2.10	7.7 2.11	7.5 2.04	7.7 1.83
200	8.9 1.90	7.8 1.86	6.9 1.67	8.3 1.37	9.9 1.58	10.8 1.70	10.2 1.68	9.8 1.79	8.9 1.89	9.4 2.00	9.6 2.01	9.3 1.95	9.4 1.78
Freq	7.4	4.1	2.3	2.9	4.6	8.8	10.9	11.1	9.9	11.8	13.1	13.2	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.7 1.54	3.2 1.48	2.8 1.34	3.6 1.17	4.5 1.35	5.1 1.45	4.4 1.40	4.0 1.42	3.7 1.56	4.0 1.62	4.0 1.63	4.0 1.60	4.0 1.44
25	4.6 1.65	4.0 1.58	3.5 1.43	4.5 1.24	5.6 1.41	6.2 1.51	5.5 1.49	5.0 1.51	4.6 1.67	4.9 1.73	5.0 1.74	4.9 1.72	5.0 1.53
50	5.4 1.83	4.7 1.75	4.2 1.58	5.3 1.36	6.5 1.51	7.2 1.60	6.5 1.62	5.9 1.67	5.4 1.85	5.8 1.91	5.9 1.93	5.8 1.90	5.9 1.67
100	6.5 2.01	5.7 1.92	5.0 1.73	6.4 1.49	7.7 1.65	8.4 1.74	7.7 1.78	7.1 1.84	6.5 2.03	6.9 2.10	7.0 2.12	6.9 2.08	7.0 1.84
200	8.0 1.92	7.0 1.84	6.2 1.66	7.8 1.43	9.1 1.60	9.9 1.69	9.3 1.71	8.8 1.76	8.0 1.94	8.5 2.01	8.7 2.03	8.5 1.99	8.6 1.78
Freq	6.9	3.9	2.2	3.0	4.8	9.2	11.0	11.1	9.8	12.1	13.3	12.9	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.8 1.54	2.5 1.53	2.1 1.30	2.8 1.16	3.6 1.37	4.0 1.48	3.4 1.43	3.2 1.46	2.9 1.58	3.1 1.63	3.2 1.64	3.2 1.63	3.2 1.46
25	3.8 1.63	3.3 1.62	2.8 1.38	3.7 1.23	4.7 1.42	5.3 1.53	4.6 1.51	4.2 1.55	3.8 1.68	4.1 1.73	4.2 1.74	4.2 1.73	4.2 1.54
50	4.6 1.77	4.0 1.76	3.5 1.49	4.6 1.32	5.7 1.51	6.3 1.61	5.5 1.63	5.1 1.68	4.6 1.82	5.0 1.88	5.1 1.88	5.1 1.88	5.1 1.65
100	5.6 2.02	4.9 2.00	4.3 1.70	5.6 1.49	6.8 1.67	7.5 1.76	6.7 1.86	6.2 1.91	5.6 2.07	6.1 2.13	6.1 2.15	6.1 2.13	6.2 1.86
200	6.8 1.94	6.0 1.93	5.2 1.63	6.8 1.44	8.1 1.65	8.9 1.75	8.2 1.79	7.5 1.84	6.8 2.00	7.4 2.06	7.5 2.07	7.5 2.06	7.5 1.82
Freq	6.2	3.6	2.1	3.1	5.1	9.8	11.1	11.1	9.7	12.4	13.4	12.4	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.0	307	4.2	131	3.7	86	2.9	41
25	6.6	390	5.0	202	4.5	148	3.8	86
50	7.0	467	5.8	270	5.3	210	4.6	137
100	7.6	609	6.8	407	6.3	312	5.5	208
200	8.4	857	8.4	790	7.6	592	6.7	381

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.9 1.53	4.5 1.38	4.7 1.42	5.4 1.50	5.9 1.58	5.9 1.63	6.0 1.70	6.7 1.79	7.8 2.01	8.4 1.99	8.3 1.85	7.1 1.61	6.9 1.67
25	5.4 1.58	5.0 1.43	5.2 1.46	5.9 1.54	6.4 1.62	6.5 1.69	6.6 1.75	7.3 1.85	8.5 2.07	9.1 2.04	9.1 1.89	7.8 1.65	7.5 1.71
50	5.8 1.62	5.4 1.47	5.6 1.50	6.4 1.59	6.9 1.67	7.0 1.73	7.1 1.80	7.9 1.90	9.2 2.13	9.8 2.10	9.7 1.95	8.4 1.70	8.1 1.76
100	6.3 1.56	5.8 1.42	6.0 1.45	6.9 1.54	7.5 1.62	7.5 1.68	7.7 1.74	8.5 1.83	9.9 2.06	10.6 2.04	10.5 1.90	9.1 1.65	8.8 1.71
200	6.9 1.48	6.4 1.35	6.6 1.38	7.6 1.46	8.3 1.53	8.3 1.59	8.5 1.65	9.4 1.74	11.0 1.95	11.6 1.94	11.5 1.81	9.9 1.57	9.6 1.63
Freq	5.0	4.1	4.3	5.3	6.1	6.5	7.1	8.7	12.3	15.6	15.3	9.7	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.3 1.25	3.0 1.15	3.3 1.23	3.8 1.30	4.1 1.34	4.0 1.38	4.2 1.44	4.7 1.53	5.5 1.74	5.8 1.66	5.7 1.58	4.3 1.26	4.7 1.44
25	4.0 1.34	3.7 1.24	4.0 1.32	4.7 1.40	4.9 1.45	4.8 1.49	5.1 1.56	5.7 1.65	6.6 1.87	6.9 1.77	6.8 1.67	5.2 1.35	5.7 1.53
50	4.7 1.50	4.4 1.39	4.7 1.48	5.5 1.57	5.7 1.62	5.7 1.67	5.9 1.74	6.6 1.85	7.7 2.11	8.0 1.96	7.9 1.83	6.1 1.52	6.6 1.69
100	5.6 1.60	5.2 1.48	5.6 1.57	6.5 1.67	6.8 1.73	6.8 1.77	7.1 1.86	7.9 1.97	9.1 2.24	9.4 2.09	9.2 1.96	7.3 1.61	7.9 1.80
200	6.9 1.52	6.5 1.41	6.9 1.50	8.1 1.59	8.5 1.65	8.4 1.70	8.7 1.77	9.8 1.88	11.4 2.14	11.5 2.00	11.1 1.88	9.0 1.54	9.7 1.74
Freq	4.6	4.0	4.4	5.6	6.3	6.5	7.4	9.1	13.5	16.1	14.8	7.7	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.8 1.24	2.7 1.19	2.8 1.23	3.4 1.32	3.6 1.37	3.5 1.40	3.7 1.46	4.1 1.54	4.8 1.74	5.1 1.64	5.0 1.56	3.5 1.24	4.1 1.44
25	3.5 1.33	3.4 1.27	3.6 1.31	4.2 1.41	4.4 1.46	4.4 1.50	4.6 1.56	5.1 1.64	6.0 1.87	6.2 1.74	6.1 1.65	4.4 1.33	5.1 1.53
50	4.2 1.46	4.1 1.40	4.2 1.44	5.0 1.55	5.3 1.62	5.2 1.66	5.4 1.72	6.1 1.81	7.1 2.06	7.3 1.89	7.2 1.78	5.2 1.46	6.0 1.66
100	5.1 1.60	4.9 1.53	5.1 1.58	6.1 1.71	6.3 1.77	6.2 1.82	6.5 1.89	7.3 1.99	8.4 2.27	8.6 2.08	8.4 1.96	6.3 1.60	7.2 1.81
200	6.2 1.54	6.0 1.47	6.3 1.51	7.4 1.63	7.8 1.70	7.6 1.74	8.0 1.81	8.9 1.91	10.4 2.17	10.4 2.00	10.2 1.89	7.7 1.54	8.8 1.76
Freq	4.4	4.0	4.5	5.7	6.3	6.6	7.5	9.3	13.9	16.2	14.6	7.0	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.2 1.23	2.1 1.17	2.3 1.27	2.7 1.36	2.8 1.38	2.7 1.38	2.9 1.47	3.3 1.56	3.8 1.78	4.0 1.65	3.9 1.57	2.5 1.29	3.3 1.46
25	2.9 1.29	2.8 1.23	3.1 1.34	3.6 1.44	3.7 1.46	3.6 1.46	3.9 1.55	4.4 1.66	5.1 1.89	5.3 1.73	5.1 1.64	3.4 1.37	4.3 1.53
50	3.6 1.40	3.4 1.33	3.8 1.45	4.4 1.56	4.6 1.58	4.4 1.58	4.7 1.69	5.3 1.80	6.1 2.05	6.3 1.85	6.2 1.75	4.1 1.48	5.2 1.64
100	4.4 1.59	4.2 1.51	4.6 1.65	5.4 1.77	5.5 1.80	5.4 1.80	5.7 1.92	6.4 2.05	7.4 2.34	7.6 2.08	7.4 1.96	5.0 1.68	6.3 1.83
200	5.3 1.53	5.1 1.46	5.6 1.59	6.6 1.71	6.8 1.73	6.6 1.73	7.0 1.85	7.8 1.98	9.1 2.25	9.1 2.03	8.9 1.91	6.1 1.62	7.7 1.79
Freq	4.3	4.0	4.6	5.9	6.4	6.6	7.6	9.6	14.5	16.4	14.2	6.1	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	6.1	333	4.3	140	3.7	93	2.9	44
25	6.7	423	5.1	218	4.6	159	3.9	94
50	7.2	507	5.9	291	5.4	226	4.7	149
100	7.8	665	7.0	446	6.4	340	5.6	226
200	8.6	942	8.6	874	7.8	650	6.8	418

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	5.0	4.7	4.4	4.9	5.6	6.1	6.5	6.5	6.1	5.4	5.2	5.1	5.6
	1.48	1.28	1.31	1.51	1.54	1.60	1.81	1.97	1.84	1.74	1.76	1.73	1.65
25	5.5	5.2	4.8	5.4	6.1	6.7	7.1	7.2	6.7	6.0	5.7	5.6	6.2
	1.53	1.32	1.35	1.56	1.58	1.64	1.87	2.03	1.90	1.79	1.82	1.78	1.70
50	5.9	5.6	5.2	5.8	6.6	7.2	7.7	7.7	7.2	6.4	6.1	6.0	6.7
	1.57	1.36	1.38	1.60	1.63	1.69	1.92	2.09	1.95	1.84	1.87	1.82	1.74
100	6.4	6.0	5.6	6.3	7.1	7.8	8.3	8.4	7.8	6.9	6.6	6.5	7.2
	1.52	1.31	1.34	1.55	1.58	1.63	1.86	2.02	1.89	1.78	1.81	1.77	1.69
200	7.0	6.6	6.1	6.9	7.8	8.6	9.2	9.2	8.6	7.7	7.3	7.2	7.9
	1.44	1.25	1.27	1.47	1.49	1.55	1.76	1.91	1.79	1.69	1.71	1.67	1.60
Freq	7.1	5.8	4.6	4.9	6.3	8.9	11.8	12.9	11.3	9.5	8.8	8.3	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	3.4	3.1	2.9	3.5	3.9	4.2	4.5	4.5	4.0	3.7	3.6	3.5	3.9
	1.21	1.09	1.16	1.31	1.31	1.35	1.59	1.65	1.49	1.48	1.51	1.45	1.40
25	4.1	3.8	3.5	4.3	4.7	5.1	5.5	5.4	4.9	4.5	4.3	4.3	4.7
	1.29	1.17	1.25	1.41	1.41	1.46	1.71	1.79	1.61	1.59	1.63	1.56	1.51
50	4.8	4.5	4.2	5.0	5.5	6.0	6.3	6.3	5.7	5.2	5.0	5.0	5.5
	1.45	1.30	1.40	1.58	1.58	1.63	1.92	2.01	1.81	1.79	1.83	1.76	1.69
100	5.8	5.4	5.0	6.0	6.6	7.1	7.6	7.5	6.8	6.2	6.0	6.0	6.5
	1.54	1.38	1.49	1.68	1.68	1.74	2.05	2.13	1.92	1.90	1.94	1.87	1.79
200	7.1	6.7	6.2	7.4	8.1	8.8	9.4	9.3	8.4	7.7	7.4	7.4	8.1
	1.48	1.32	1.42	1.60	1.61	1.66	1.96	2.04	1.84	1.82	1.86	1.79	1.71
Freq	6.6	5.5	4.3	5.2	6.7	9.7	12.4	12.9	10.7	9.3	8.6	8.2	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	2.8	2.7	2.6	3.1	3.4	3.7	4.0	3.9	3.5	3.2	3.0	3.0	3.4
	1.15	1.07	1.24	1.29	1.33	1.37	1.60	1.65	1.47	1.46	1.46	1.39	1.39
25	3.5	3.4	3.3	3.9	4.3	4.6	4.9	4.8	4.3	4.0	3.8	3.8	4.2
	1.23	1.14	1.33	1.38	1.42	1.46	1.72	1.76	1.57	1.56	1.56	1.49	1.48
50	4.3	4.1	3.9	4.6	5.1	5.5	5.8	5.7	5.1	4.7	4.5	4.5	5.0
	1.35	1.26	1.47	1.52	1.56	1.61	1.90	1.95	1.73	1.73	1.73	1.64	1.63
100	5.1	4.9	4.7	5.5	6.1	6.6	6.9	6.8	6.1	5.6	5.4	5.3	6.0
	1.48	1.37	1.61	1.67	1.71	1.76	2.08	2.14	1.90	1.90	1.90	1.80	1.78
200	6.3	6.1	5.8	6.8	7.5	8.1	8.5	8.4	7.5	6.9	6.6	6.6	7.3
	1.41	1.32	1.54	1.60	1.64	1.69	1.99	2.05	1.82	1.81	1.81	1.73	1.71
Freq	6.5	5.4	4.2	5.3	6.8	10.0	12.6	12.9	10.4	9.2	8.6	8.1	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totale
10	2.3	2.2	2.0	2.5	2.7	3.0	3.1	3.1	2.7	2.5	2.5	2.5	2.7
	1.19	1.10	1.24	1.34	1.34	1.38	1.64	1.65	1.46	1.53	1.56	1.48	1.42
25	3.1	2.9	2.6	3.3	3.6	3.9	4.2	4.1	3.6	3.4	3.3	3.3	3.6
	1.26	1.16	1.31	1.42	1.42	1.46	1.74	1.75	1.54	1.62	1.66	1.56	1.50
50	3.8	3.6	3.2	4.1	4.4	4.8	5.0	4.9	4.3	4.1	4.0	4.0	4.3
	1.36	1.25	1.42	1.54	1.54	1.58	1.88	1.90	1.67	1.76	1.80	1.69	1.62
100	4.7	4.4	3.9	5.0	5.4	5.8	6.1	5.9	5.3	4.9	4.8	4.8	5.3
	1.54	1.42	1.61	1.75	1.75	1.80	2.15	2.16	1.90	2.00	2.05	1.92	1.84
200	5.7	5.3	4.8	6.1	6.5	7.1	7.4	7.3	6.4	6.0	5.9	5.9	6.4
	1.49	1.37	1.55	1.69	1.69	1.73	2.07	2.08	1.83	1.93	1.98	1.85	1.78
Freq	6.3	5.3	4.1	5.5	7.1	10.3	12.9	12.8	10.1	9.1	8.5	8.0	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	5.0	188	3.5	82	3.1	54	2.4	26
25	5.5	237	4.2	125	3.8	92	3.2	55
50	5.9	285	4.9	166	4.5	130	3.9	87
100	6.4	378	5.8	260	5.3	198	4.7	131
200	7.1	547	7.2	526	6.5	390	5.7	249

Classe di rugosità 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	4.7 1.57	5.0 1.60	5.2 1.60	4.9 1.48	4.1 1.27	4.3 1.19	5.0 1.49	5.1 1.76	4.8 1.88	4.3 1.92	3.9 1.66	4.2 1.58	4.7 1.54
25	5.1 1.62	5.5 1.64	5.7 1.65	5.3 1.52	4.6 1.31	4.8 1.22	5.5 1.54	5.6 1.81	5.2 1.94	4.7 1.99	4.2 1.71	4.6 1.63	5.2 1.59
50	5.5 1.66	5.9 1.69	6.1 1.69	5.8 1.56	4.9 1.34	5.2 1.25	5.9 1.58	6.0 1.86	5.6 1.99	5.0 2.04	4.6 1.76	5.0 1.67	5.6 1.63
100	6.0 1.61	6.3 1.63	6.6 1.64	6.2 1.51	5.3 1.30	5.5 1.21	6.4 1.53	6.5 1.80	6.1 1.92	5.4 1.98	4.9 1.71	5.4 1.62	6.0 1.58
200	6.6 1.52	7.0 1.55	7.3 1.55	6.8 1.43	5.8 1.23	6.0 1.15	7.1 1.46	7.2 1.71	6.7 1.82	6.0 1.87	5.4 1.62	5.9 1.53	6.6 1.50
Freq	8.1	9.3	9.0	7.1	5.6	6.6	10.5	13.2	11.7	7.7	5.3	6.1	100.0

Classe di rugosità 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	3.3 1.34	3.5 1.36	3.6 1.36	3.1 1.19	2.7 1.04	3.0 1.02	3.5 1.35	3.5 1.51	3.2 1.62	2.8 1.55	2.7 1.37	3.0 1.33	3.2 1.31
25	4.0 1.44	4.2 1.46	4.4 1.47	3.8 1.28	3.3 1.12	3.7 1.10	4.2 1.46	4.3 1.63	3.9 1.74	3.4 1.67	3.2 1.48	3.6 1.44	3.9 1.41
50	4.7 1.62	4.9 1.64	5.1 1.64	4.5 1.44	4.0 1.25	4.4 1.22	5.0 1.63	5.0 1.83	4.5 1.96	4.0 1.88	3.8 1.66	4.2 1.61	4.6 1.58
100	5.6 1.72	5.8 1.74	6.1 1.75	5.4 1.52	4.8 1.33	5.2 1.29	5.9 1.74	5.9 1.95	5.3 2.09	4.8 2.00	4.5 1.76	5.0 1.71	5.5 1.68
200	6.9 1.64	7.2 1.67	7.6 1.67	6.6 1.46	5.8 1.27	6.5 1.24	7.3 1.66	7.3 1.86	6.7 1.99	5.9 1.91	5.6 1.69	6.2 1.64	6.8 1.60
Freq	8.6	9.4	8.8	6.3	5.5	7.0	11.9	13.4	10.9	6.5	5.1	6.5	100.0

Classe di rugosità 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.9 1.36	3.0 1.33	3.1 1.33	2.7 1.19	2.4 1.08	2.7 1.04	3.0 1.36	3.0 1.50	2.8 1.67	2.5 1.55	2.3 1.37	2.7 1.40	2.8 1.31
25	3.6 1.45	3.7 1.42	3.9 1.42	3.4 1.27	3.1 1.15	3.3 1.11	3.8 1.45	3.8 1.60	3.5 1.79	3.1 1.66	2.9 1.46	3.3 1.49	3.5 1.40
50	4.3 1.60	4.4 1.57	4.6 1.57	4.0 1.40	3.7 1.27	4.0 1.22	4.5 1.60	4.5 1.77	4.1 1.98	3.6 1.83	3.4 1.62	4.0 1.65	4.2 1.55
100	5.1 1.75	5.3 1.72	5.6 1.72	4.8 1.53	4.5 1.39	4.9 1.33	5.4 1.76	5.4 1.94	4.9 2.18	4.3 2.01	4.1 1.77	4.7 1.81	5.0 1.70
200	6.3 1.68	6.5 1.65	6.8 1.65	5.9 1.47	5.5 1.33	6.0 1.27	6.6 1.69	6.6 1.86	6.0 2.08	5.3 1.93	5.1 1.70	5.8 1.73	6.2 1.62
Freq	8.8	9.4	8.8	6.1	5.5	7.2	12.4	13.5	10.6	6.1	5.0	6.7	100.0

Classe di rugosità 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Totali
10	2.3 1.40	2.4 1.40	2.5 1.38	2.0 1.15	1.8 1.02	2.1 1.06	2.5 1.46	2.4 1.58	2.2 1.69	1.9 1.48	1.8 1.35	2.1 1.35	2.2 1.33
25	3.1 1.48	3.2 1.48	3.4 1.46	2.7 1.22	2.4 1.08	2.9 1.12	3.3 1.54	3.2 1.67	2.9 1.79	2.5 1.56	2.4 1.43	2.8 1.43	3.0 1.41
50	3.8 1.60	3.9 1.61	4.1 1.58	3.3 1.32	3.0 1.16	3.5 1.21	4.0 1.67	3.9 1.81	3.5 1.94	3.0 1.70	3.0 1.54	3.4 1.55	3.6 1.53
100	4.6 1.82	4.8 1.83	5.0 1.80	4.1 1.49	3.7 1.31	4.4 1.37	4.8 1.90	4.8 2.06	4.2 2.21	3.7 1.93	3.6 1.76	4.1 1.76	4.4 1.73
200	5.6 1.76	5.8 1.76	6.1 1.73	5.0 1.44	4.5 1.27	5.3 1.33	5.9 1.83	5.8 1.99	5.1 2.13	4.5 1.86	4.4 1.69	5.0 1.70	5.4 1.67
Freq	9.0	9.4	8.6	5.8	5.6	7.7	12.8	13.4	10.0	5.7	5.0	7.0	100.0

z	Classe 0		Classe 1		Classe 2		Classe 3	
10	4.2	121	3.0	54	2.6	36	2.1	17
25	4.6	152	3.6	83	3.2	61	2.7	36
50	5.0	182	4.1	108	3.8	84	3.3	56
100	5.4	242	4.9	167	4.5	127	3.9	84
200	6.0	354	6.1	342	5.5	253	4.8	160

Parte III

I MODELLI E L'ANALISI

Capitolo 8

Il modello per l'Atlante del Vento

In questo capitolo vengono presentati i modelli fisici e statistici che compongono il modello adottato per la realizzazione dell'Atlante Europeo del Vento. Dopo una descrizione delle loro caratteristiche, saranno illustrati gli aspetti pratici collegati al trattamento dei dati ed alla descrizione delle condizioni di misura. Verranno discussi infine, le incertezze ed i possibili errori connessi ai dati ed ai modelli.

Nel corso dello sviluppo del modello, sono stati sperimentati diversi approcci: alcuni di essi sono stati effettivamente usati ad un certo stadio della ricerca, ma abbandonati in seguito. La maggior parte degli approcci suddetti sono pubblicati negli Atti di alcune Conferenze, i cui principali riferimenti sono: Petersen et al. (1984); Petersen e Troen (1986); e Sacré (1987).

8.1 Le basi fisiche

Come già descritto nell'introduzione, l'Atlante del Vento si basa sull'uso di un gruppo di modelli per la correzione delle misure anemometriche e l'analisi dei dati corretti in termini di distribuzione di frequenza. In linea di principio la correzione può essere eseguita operando sia su una serie temporale, trasformando così ogni valore misurato, oppure agendo opportunamente sulla distribuzione di frequenza. La trasformazione della serie temporale ha applicazioni che vanno oltre lo scopo di questo Atlante del Vento; una di queste applicazioni riguarda la costruzione di una serie temporale realistica e specifica per ogni sito da usare in studi di simulazione, come descritto in Petersen (1986). Il modello finale è basato sulla trasformazione delle distribuzioni di frequenza. Per l'analisi è stato usato un codice di calcolo chiamato *Wind Atlas Analysis and Application Model* (WASP). I vari sottomodelli sono descritti di seguito.

Leggi di similarità nello strato superficiale

Lo strato di atmosfera più vicino al suolo è chiamato Strato Limite Planetario (SLP): questo strato si estende fino a circa 100 m di quota in notti chiare e venti deboli e fino a circa 2 km, in tipiche giornate estive. La parte inferiore dello SLP è chiamata Strato Limite Superficiale (SLS) e può essere definita come una certa frazione limitata di esso, diciamo il 10%. Per gli scopi climatologici connessi allo sfruttamento dell'energia eolica, possiamo trascurare le basse velocità del vento; in tal caso le situazioni di interesse sono quelle in cui lo SLP si estende fino ad approssimativamente 1 km di quota e la fisica dell'SLS può essere applicata fino a 100 m.

Per alte velocità, il profilo del vento su terreno pianeggiante e ragionevolmente omogeneo, è ben rappresentato dalla legge del profilo logaritmico:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0} \quad (8.1)$$

dove $u(z)$ è la velocità del vento ad altezza z sul livello del suolo, z_0 è la lunghezza di rugosità, κ la costante di von Kármán, qui considerata uguale a 0.40, ed u_* la cosiddetta velocità di attrito, correlata allo sforzo superficiale τ attraverso la relazione:

$$|\tau| = \rho u_*^2 \quad (8.2)$$

dove ρ è la densità dell'aria. Anche a velocità del vento moderate, si hanno deviazioni dal profilo logaritmico quando z supera alcune decine di metri: esse sono causate dall'effetto delle forze di galleggiamento (buoyancy), molto importanti nella dinamica della turbolenza. La lunghezza di rugosità non è più il solo parametro importante ma deve essere accompagnato da altri parametri che descrivono il flusso di calore superficiale. La turbolenza diminuisce a causa del raffreddamento notturno della superficie; ne consegue che il profilo del vento aumenta più rapidamente con la quota. Al contrario, il riscaldamento del suolo durante il giorno causa un aumento della turbolenza ed il profilo di vento si mantiene più costante. Le equazioni di similarità, per i profili, sono date da espressioni più generali:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} [\ln(z/z_0) - \psi(z/L)] \quad (8.3)$$

dove ψ è una funzione empirica (Businger, 1973; Dyer, 1974). In questa espressione viene introdotto un nuovo parametro chiamato lunghezza di Monin-Obukhov L :

$$L = \frac{T_0}{\kappa g} \frac{c_p u_*^3}{H_0} \quad (8.4)$$

dove T_0 e H_0 sono rispettivamente la temperatura assoluta superficiale ed il flusso di calore sensibile, c_p la capacità termica dell'aria a pressione costante, g l'ac-

celerazione di gravità, mentre le altre quantità sono state definite precedentemente. L'introduzione dell'effetto dovuto al flusso di calore superficiale é descritto in Sezione 8.2.

Legge di resistenza geostrofica e vento geostrofico

Nello strato limite planetario, il vento può considerarsi originato da differenze di pressione causate principalmente da attività "sinottiche", per esempio il passaggio da un sistema di bassa ad uno di alta pressione. Poiché la struttura dello strato limite planetario ha una risposta piuttosto rapida ai cambiamenti dell'effetto forzante della pressione, sulla superficie della terra si ha un equilibrio approssimato tra la forza di attrito e la forza del gradiente di pressione. Questo equilibrio può essere teoricamente derivato sotto condizioni ideali di stazionarietà, omogeneità e barotropia (gradiente di pressione costante in tutta l'altezza dello strato limite planetario). Per condizioni di neutralità atmosferica, l'equilibrio era già stato studiato da Rossby e Montgomery (1935). Il risultato é di solito descritto da una relazione – chiamata legge di resistenza geostrofica (the geostrophic drag law) – tra la velocità di attrito superficiale u_* ed il cosiddetto vento geostrofico G :

$$G = \frac{u_*}{\kappa} \sqrt{\left(\ln \left(\frac{u_*}{f z_0} \right) - A \right)^2 + B^2} \quad (8.5)$$

$$\sin \alpha = -\frac{B u_*}{\kappa G}$$

in cui α é l'angolo tra il vento al suolo ed il vento geostrofico, f il parametro di Coriolis ed A e B sono costanti empiriche (qui $A = 1.8$, $B = 4.5$). Il vento geostrofico può essere calcolato dal gradiente superficiale di pressione ed il suo valore può essere approssimato alla velocità del vento misurata da radiosondaggio al di sopra dello Strato Limite Planetario. La legge di resistenza geostrofica può essere estesa a condizioni di stabilità atmosferica non neutrale: in questo caso, le costanti empiriche A e B diventano funzioni del parametro di stabilità μ definito da:

$$\mu = \frac{\kappa u_*}{f L} \quad (8.6)$$

8.2 Modello per la stabilità

Se si é interessati al punto di vista energetico, le correzioni da apportare al profilo logaritmico del vento, al mutare delle condizioni di stabilità, vengono spesso trascurate. Esse infatti interessano regimi di bassa velocità del vento e quindi di scarso contributo all'energia. Nel presente modello, le suddette correzioni sono trattate come piccole perturbazioni sullo stato di base, quello di neutralità.

Al fine di tener conto in modo approssimato degli effetti della variazione del flusso di calore superficiale, senza dover ricorrere ad un modello dettagliato per ogni profilo del vento, é stata adottata una procedura semplificata. Questa procedura richiede in ingresso soltanto medie climatologiche e scarti quadratici medi del flusso di calore superficiale.

Il modello é derivato dalla legge di resistenza geostrofica; il profilo di vento é derivato da una espansione del primo ordine dell'espressione del flusso di calore sensibile per condizioni di neutralit  atmosferica. Il differenziale della Eq. 8.5 (tenendo G, z_0, f costanti) é:

$$dG = 0 = \frac{du_*}{u_*} G - \frac{u_*^2}{\kappa^2 G} \left[\left(\ln \frac{u_*}{f z_0} - A(\mu) \right) \left(\frac{du_*}{u_*} - \frac{dA}{d\mu} d\mu \right) + B \frac{dB}{d\mu} d\mu \right] \quad (8.7)$$

Usando l'Equazioni 8.4 e 8.5 ed inserendo i valori dei vari coefficienti, caratteristici dello stato di neutralit ,

$$A(0) \approx 1.8 \quad B(0) \approx 4.5$$

$$\frac{dA}{d\mu} \approx -0.2 \quad \frac{dB}{d\mu} \approx +0.2$$

e trascurando i termini piccoli, si trova la seguente relazione:

$$\frac{du_*}{u_*} \simeq \left[\frac{cg}{f T_0 c_p \rho G^2} \right] dH \quad (8.8)$$

con la costante $c \approx 2.5$. Questa equazione consente di valutare la deviazione di u_* dal valore neutrale, per mezzo del valore climatologico medio del flusso di calore superficiale dH e di valutare lo scarto quadratico medio della fluttuazione di u_* , usando lo scarto quadratico medio del flusso di calore dH . In questo caso, il vento geostrofico G é preso uguale al valore a cui la distribuzione di frequenza della velocit  del vento ha un massimo di densit  di energia, vedi Sezione 8.6.

Il differenziale del profilo di vento, Eq. 8.3, é:

$$du(z) = \frac{du_*}{\kappa} (\ln(z/z_0) - \psi(z/L)) - \frac{u_*}{\kappa} \frac{d\psi}{dL} \frac{dL}{dH} dH \quad (8.9)$$

Inserendo i sopracitati valore dei coefficienti, caratteristici dello stato di neutralit , ed usando l'Eq. 8.8, si ottiene una espressione per la quota z_m a cui scompaiono gli effetti del primo ordine della modulazione del flusso di calore superficiale. In conseguenza, (ponendo $du(z_m) = 0$) si ottiene un minimo nei risultati della varianza della velocit  del vento:

$$\frac{z_m}{\ln(z_m/z_0)} = \left(\frac{c}{a\kappa}\right) \frac{u_*^3}{fG^2} \quad (8.10)$$

dove la nuova costante a varia tra 4 e 5 e rappresenta la pendenza della funzione ψ , all'approssimarsi del regime di neutralità atmosferica; il valore dipende da quale delle due Eq. 8.5 viene usata in partenza. Se prendiamo l'espressione semplificata della legge di resistenza, in caso di neutralità (Jensen et al., 1984):

$$\frac{u_{*0}}{G} = \frac{0.5}{\ln(Ro) - A(0)} \quad (8.11)$$

l'eq. 8.10 può essere espressa elegantemente come:

$$\frac{z_m/z_0}{\ln(z_m/z_0)} \approx \text{costante} \cdot Ro(\ln(Ro) - A(0))^{-3} \quad (8.12)$$

dove costante $\simeq 0.1$ ed il numero superficiale di Rossby é definito come:

$$Ro = \frac{G}{fz_0} \quad (8.13)$$

Questa relazione, infine, può essere approssimata con una legge di potenza:

$$z_m/z_0 \approx \alpha \cdot Ro^\beta \quad (8.14)$$

in cui compaiono le costanti $\alpha = 2.0 \cdot 10^{-3}$ e $\beta = 0.9$. É da notare come la quota z_m sia essenzialmente costante su vaste aree a causa della debole dipendenza da z_0 ($\sim \text{come } z_0^{0.1}$). Una eccezione sono le zone costiere in cui la z_m relativa al mare é stata stimata essere circa la metà del valore che si ha nell'entroterra.

Mediante tali espressioni, gli effetti delle condizioni di stabilità non neutrale sono modellati attraverso i loro effetti sul profilo verticale dei valori medi climatologici e delle deviazioni standard delle velocità del vento.

La quota di minima varianza z_m é determinata dall' Eq. 8.14. A questa quota la deviazione relativa dal valore neutrale del vento medio é determinata dalla somma della deviazione causata da un offset medio del flusso di calore, indicato con ΔH_{off} , e del contributo derivante dalla variazione del flusso di calore ΔH_{rms} :

$$\frac{\Delta u(z_m)}{u_0(z_m)} = \frac{\Delta u_*}{u_{*0}} - \frac{\psi(z_m/L_{off}) + \psi(z_m/L_{rms})}{\ln(z_m/z_0)} \quad (8.15)$$

dove L_{off} é la lunghezza di Monin-Obukhov corrispondente a ΔH_{off} ed L_{ms} é quella corrispondente a $F_{ms}\Delta H_{ms}$. La grandezza F_{ms} é un fattore di forma che tiene conto del fatto che, alla quota z_m , ci sar  in media uno spostamento verso i valori pi  alti di velocit  del vento, a causa del diverso valore della funzione ψ , per i casi di stabilit  ed instabilit . Questo lo si pu  vedere dalle forme esplicite della funzione adottate nel presente lavoro (Jensen et al., 1984):

$$\psi(z/L) = \begin{cases} (1 - 16\frac{z}{L})^{1/4} - 1 & \text{condizioni di instabilit } \\ -4.7\frac{z}{L} & \text{condizioni di stabilit } \end{cases} \quad (8.16)$$

La minore variazione con la quota z del profilo, in condizioni di neutralit , causa uno spostamento della velocit  del vento alla quota z_m , verso condizioni di instabilit , anche nel caso in cui si ha un flusso medio di calore nullo (Fig. 8.1). L'effettivo flusso di calore positivo é considerato in relazione con il valore dello scarto quadratico medio mediante il fattore F_{ms} . Nel presente lavoro é stato usato il valore 0.6.

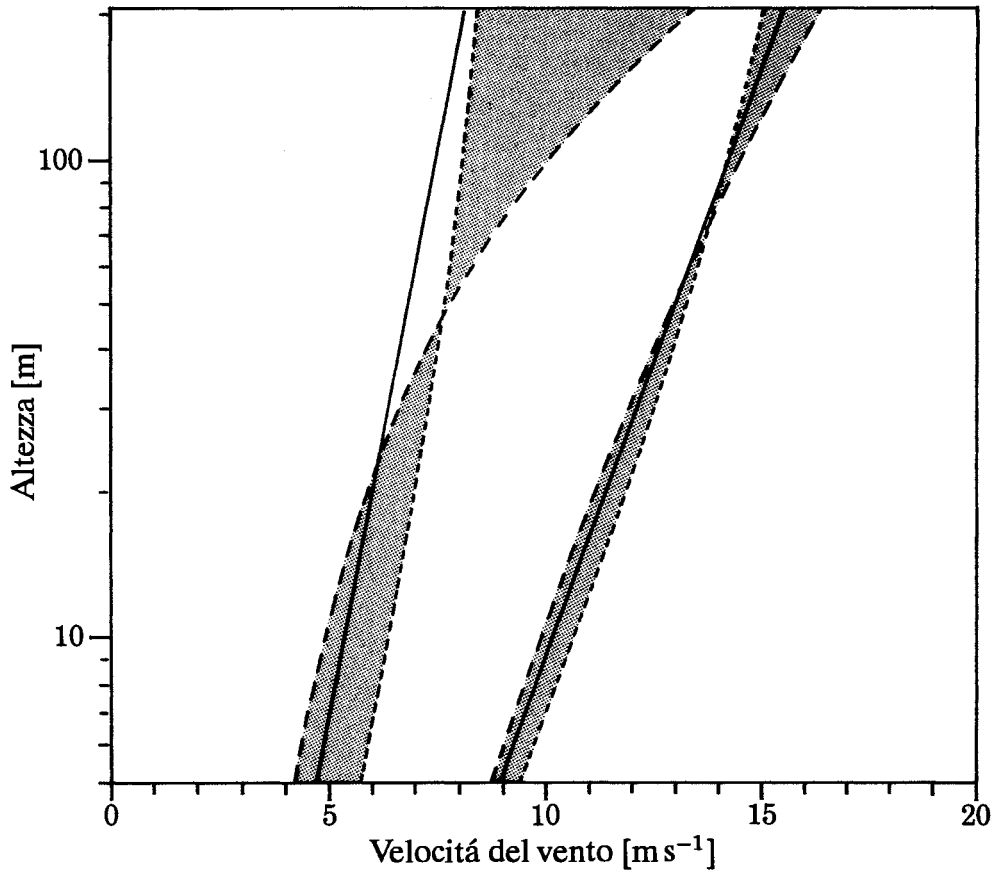


Figura 8.1. Caratteristiche del profilo di vento: i grafici a sinistra mostrano un intervallo di profili di velocit  (area ombreggiata) corrispondenti ad un vento geostrofico di 10 m/s e ad un intervallo tipico di valori del flusso di calore sensibile. I grafici alla destra corrispondono a $G = 20 \text{ m s}^{-1}$ ed allo stesso intervallo di flusso di calore.

Infine, sono specificate la variazione verticale della deviazione media relativa della velocità media \bar{u} e la deviazione standard σ_u :

$$u(z) = u_0(z) \left(1 + \frac{\Delta u(z_m)}{u_0(z_m)} (1 - f(z)) + \frac{\Delta u_{*off}}{u_{*0}} \right) \quad (8.17)$$

$$\sigma_u(z) = \sigma_{u0}(z) \left(1 + \frac{\Delta u_{*off}}{u_{*0}} |f(z)| \right) \quad (8.18)$$

in cui la funzione del profilo $f(z)$ è derivata dall'espansione del primo ordine di $u(z)$

$$f(z) = 1 - \frac{z}{z_m} \frac{\ln(z_m/z_0)}{\ln(z/z_0)} \quad (8.19)$$

Queste espressioni intervengono nell'analisi per calcolare il grado di “contaminazione” dei dati di ingresso, causata da effetti di stabilità, e per reintrodurre valori propri di contaminazione quando si effettua il calcolo per quote o per condizioni superficiali differenti. In particolare, si possono scegliere i dati di una stazione meteorologica situata sulla costa per stimare le condizioni di vento all'interno, tenendo conto della differenza dei flussi di calore nelle due diverse condizioni.

A questo proposito, per aree vicino alla costa, si avranno condizioni intermedie tra quelle che si hanno lungo il mare e all'interno. Nel calcolo, si considera la distanza (x) dalla costa nella direzione sopravvento e si applicano le correzioni in stabilità relative alle condizioni sul mare o all'interno pesate con un fattore peso w :

$$w = \frac{\min(x, c)}{c} \quad (8.20)$$

dove c è l'ampiezza della zona costiera, in questo caso pari a 10 km. Una descrizione più dettagliata dell'applicazione del modello di stabilità è data nella Sezione 8.7.

8.3 Modello per il cambio di rugosità

Il profilo logaritmico di vento è applicabile solo se il terreno sopravvento è ragionevolmente omogeneo: se questa condizione non si verifica ci saranno delle deviazioni e non sarà possibile assegnare al terreno un'unica lunghezza di rugosità. Anche se si assegnano le lunghezze di rugosità “effettive”, usando metodi diversi, queste dipenderanno dall'altezza a cui le misure sono state effettuate. Una eccezione è rappresentata dal parametro di rugosità effettiva definito nella legge di resistenza geostrofica.

Lo stress superficiale medio e la velocità del vento alla superficie devono dipendere dalle condizioni superficiali solo fino ad una certa distanza sopravvento; infatti gli ostacoli troppo lontani vengo “dimenticati” per effetto della tendenza dello strato limite superficiale a raggiungere le condizioni di equilibrio tra la forza del gradiente di pressione e la forza di attrito. La lunghezza di scala del fenomeno è proporzionale

al raggio di Rossby G/f ed é dell'ordine di 10-100 km. Per la funzione di distribuzione della frequenza del vento é sufficiente considerare distanze dell'ordine di 10 km. In caso di inomogeneit  del terreno a piccola scala, quando il flusso di vento passa da una superficie con rugosit  z_{01} ad un'altra con differente rugosit  z_{02} , é possibile modellare lo sforzo dovuto al cambio di rugosit  del terreno a partire da semplici considerazioni sullo strato limite superficiale. In questo caso, si sviluppa uno Strato Limite Interno (SLI), sottovento al cambio di rugosit . In un punto a distanza x sottovento, lo SLI é cresciuto fino ad un'altezza h data da (Panofsky, 1973):

$$\frac{h}{z'_0} \left(\ln \frac{h}{z'_0} - 1 \right) = \text{costante} \cdot \frac{x}{z'_0} \quad (8.21)$$

$$z'_0 = \max(z_{01}, z_{02})$$

Al di sopra di h il profilo di vento non risentir  del cambio di condizioni superficiali mentre al di sotto il profilo ne viene perturbato. Qui il valore della costante viene preso 0.9. Empiricamente é stato trovato che il cambio della velocit  di attrito superficiale é ben modellato usando la seguente relazione, derivata facendo coincidere i due profili di vento per condizioni neutrali alla quota h :

$$\frac{u_{*2}}{u_{*1}} = \frac{\ln(h/z_{01})}{\ln(h/z_{02})} \quad (8.22)$$

dove u_{*2} é la velocit  di attrito nel punto considerato ed u_{*1} é il valore sopravento al cambio di rugosit . Il profilo di vento nello SLI é perturbato e quindi non é possibile calcolare a quote maggiori la velocit  superficiale di attrito applicando il profilo logaritmico ai dati sperimentali. Comunque, da dati sperimentali (Sempreviva et al., 1989), cos  come da modelli numerici (Rao et al. 1974), si é visto che il profilo di vento perturbato pu  essere ben modellato considerandolo composto da tre parti logaritmiche:

$$u(z) = \begin{cases} u' \frac{\ln(z/z_{01})}{\ln(c_1 h/z_{01})} & \text{per } z \geq c_1 h \\ u'' + (u' - u'') \frac{\ln(z/c_2 h)}{\ln(c_1/c_2)} & \text{per } c_2 h \leq z \leq c_1 h \\ u'' \frac{\ln(z/z_{02})}{\ln(c_2 h/z_{02})} & \text{per } z \leq c_2 h \end{cases} \quad (8.23)$$

dove $u' = (u_{*1}/\kappa) \ln(c_1 h/z_{01})$, $u'' = (u_{*2}/\kappa) \ln(c_2 h/z_{02})$ e $c_1 = 0.3$, $c_2 = 0.09$. Da questa equazione ed usando l'Eq 8.22, la velocit  di attrito superficiale u_{*2} , corrispondente alla velocit  sperimentale del vento, pu  essere correlata a quella sopravento al cambio di rugosit . Per pi  cambi di rugosit , l' Eq. 8.22 pu  essere applicata in sequenza in modo tale che si possa usare la velocit  sperimentale per il calcolo della velocit  di attrito superficiale ad una certa distanza sopravento. I cambi di rugosit  non devono essere troppo vicini e per questo si deve applicare la seguente

regola. Se x_n é la distanza dall' n mo cambio di rugositá, allora la rugositá sopravvento deve essere considerata come la media nell'area tra le distanze x_n e $2 x_n$ nel settore di vento considerato. Il fattore 2 é arbitrario e, individuando chiari limiti di rugositá, come per esempio una linea di costa, esso può essere cambiato.

Muovendoci ulteriormente sopravvento, il modello per il cambio di rugositá dará risultati ancora piú differenti dalla realtà poiché non comprende il suddetto approccio all'equilibrio dello strato limite planetario. Come per il caso delle correzioni da apportare al profilo logaritmico per differenti condizioni di stabilità, le differenze sono considerate come piccole perturbazioni; per questo motivo si é costruito un semplice modello tenendo presente il comportamento asintotico. Il modello considera che le condizioni superficiali sopravvento perdono importanza con l'aumentare del rapporto x/D dove D é la distanza a cui si pensa sia raggiunto l'equilibrio (qui presa 10 km) e lo stesso vale per la relazione per lo strato limite superficiale che deve essere applicata per $x \ll D$. Questo comportamento asintotico é ottenuto pesando il cambio di rugositá con un fattore W_n

$$W_n = \exp\left(-\frac{x_n}{D}\right) \quad (8.24)$$

Invece di considerare il cambio di rugositá da z_{0n} a z_{0n+1} , alla distanza x_n , si sostituisce il valore $\ln(z_{0n+1})$ con il valore $\ln(z_{0n}) + W_n \ln(z_{0n+1}/z_{0n})$. Applicando in sequenza questo valore di rugositá sopravvento, si ottengono un valore dell'attrito superficiale ed un valore della rugositá superficiale corrispondente allo stato di equilibrio a cui si applica la legge di resistenza geostrofica.

8.4 Il modello per l'effetto-barriera

L'effetto di attrito su un terreno é causato dalla resistenza aerodinamica dovuta ad ostacoli con dimensioni variabili: da quelle del singolo granello di sabbia, erba, foglie ecc., fino a quelle di una costruzione. Per considerare l'effetto collettivo di tali ostacoli, si considera la lunghezza di rugositá, come descritto nel Capitolo 3 e nella sezione precedente. In prossimitá di ogni singolo ostacolo, a distanze e quote comparabili con la sua altezza, il profilo del vento ne viene perturbato, in particolare nella scia sottovento e l'oggetto deve essere trattato separatamente. Nella scia immediatamente sottovento ad un ostacolo, quale una fila di alberi o una casa (a distanze minori di cinque volte l'altezza dell'ostacolo ed a quote minori di due volte la stessa), i suoi dettagli esercitano una certa influenza critica sugli effetti. La scia che si genera dietro un palazzo dipende, per menzionare ad esempio due parametri, dalla dettagliata geometria del tetto e dall'angolo obliquo di incidenza del vento. Inoltre le scie dovute ad altri ostacoli posti nelle vicinanze, possono interferire, rendendo il problema piú complicato.

La ragione principale per approfondire questo problema, deriva dal fatto che alcuni gruppi di dati qui usati provengono da stazioni meteorologiche le cui misure sono influenzate da ostacoli circostanti. Comunque, per quanto riguarda l'applicazione dell'Atlante del Vento alla scelta dei siti, si hanno generalmente problemi minimi.

Alla luce di questi fatti, il modello realizzato per l'effetto-barriera potrebbe essere visto come uno strumento per correggere i dati dall'influenza di singoli ostacoli sufficientemente distanti da rendere piccole le perturbazioni, evitando così l'interferenza delle scie circostanti.

Per semplici ostacoli bidimensionali semi-infiniti, come file di alberi, valli o creste, sono state usate le espressioni date da Perera (1981), ottenute da studi effettuati in gallerie a vento:

$$\frac{\Delta u}{u} = 9.8 \left(\frac{z_a}{h} \right)^{0.14} \frac{x}{h} (1 - P) \eta \exp(-0.67 \eta^{1.5}) \quad (8.25)$$

dove

$$\eta = \frac{z_a}{h} \left(\frac{0.32}{\ln(h/z_0)} \cdot \frac{x}{h} \right)^{-0.47} \quad (8.26)$$

e

- P = porosità = area libera/area totale
- h = altezza dell'ostacolo
- z_a = altezza considerata (anemometro)
- x = distanza sottovento

Con ostacoli di lunghezza finita ed incidenza obliqua del vento, l'effetto-barriera dell'ostacolo sarà in generale differente. Nel Capitolo 3 sono state indicate alcune semplici linee guida generali; comunque, il modello qui usato è leggermente più raffinato.

Vengono considerate, per ognuna delle linee radiali con origine nel punto prescelto, la distanza fino all'ostacolo e la sua altezza. Se una singola linea attraversa diversi ostacoli, ognuno di essi viene trattato inizialmente come singolo e semi-infinito. Partendo con il più distante, l'effetto-barriera viene calcolato in sequenza, su tutta la distanza e per tutti gli ostacoli. Se gli oggetti sono così vicini tra di loro per cui le loro zone di separazione aerodinamica si congiungono, l'effetto-barriera è ridotto all'area relativa all'ostacolo sottovento che è coinvolto nella zona di separazione dell'ostacolo sopravvento.

A questo proposito, per un ostacolo bidimensionale, la zona separata è quella limitata da una linea retta che va dalla sommità dell'ostacolo fino a terra ad una distanza pari al doppio della sua altezza sopravvento all'ostacolo, e ad una distanza pari a cinque volte l'altezza sottovento ad esso.

Dopo il calcolo dell'effetto-barriera nel punto considerato, dovuto ad una sequenza di oggetti, tale effetto è rimescolato per ogni linea con i valori trovati per le altre linee adiacenti. Ciò consente di modellare il reale rimescolamento del deficit del momento alla cresta della scia. Alla fine, si calcola l'effetto-barriera medio nei singoli settori azimutali del vento, sommando i contributi da tutti i raggi contenuti in ognuno di essi. In questo caso sono stati considerati otto raggi per settori di 30° ciascuno; la dispersione laterale è di 12°.

8.5 Il modello per l'orografia

Il modello per l'orografia, come i due precedenti, viene usato per correggere i dati di vento da effetti dovuti alle inomogeneità del terreno circostante; in questo caso vengono calcolati gli effetti indotti dalle variazioni altimetriche del terreno intorno alla stazione di misura. Ci si è occupati principalmente del fenomeno per scale orizzontali fino a qualche decina di chilometri e questo è stato lo scopo dello sviluppo del modello. Esso è molto simile alla famiglia di modelli chiamati MS3DJH, basati sull'analisi del comportamento di un flusso d'aria che passa su una collina, studiato da Jackson e Hunt (1975). I lettori che vogliano familiarizzare con l'argomento possono consultare i lavori di Walmsley et al. (1982), Troen e de Baas (1987). Il presente modello, comunque, differisce in vari aspetti: i più importanti dei quali sono l'alta risoluzione e la rappresentazione polare.

Il primo passo del modello è il calcolo della perturbazione indotta dal terreno su un flusso di potenziale e corrispondente ad un vettore unitario nella direzione del vento imperturbato. Si procede nel seguente modo: la perturbazione della velocità è legata al potenziale dalla relazione:

$$\vec{u} = \nabla \chi \quad (8.27)$$

dove χ è il potenziale e \vec{u} è il vettore tridimensionale della perturbazione della velocità: $\vec{u} = (u, v, w)$.

Assumendo che il potenziale si annulla ad un raggio esterno R del modello, esso può essere espresso in coordinate polari come una somma di termini del tipo:

$$\chi_j = K_{nj} J_n \left(c_j^n \frac{r}{R} \right) \exp(in\phi) \exp \left(-c_j^n \frac{z}{R} \right) \quad (8.28)$$

dove K_{nj} sono coefficienti arbitrari, J_n la funzione di Bessel di ordine n mo, r il raggio, ϕ l'azimuth, z l'altezza e c_j^n sono gli i mi zeri di J_n . Per uno specifico problema i coefficienti sono determinati dalle condizioni al contorno che qui sono quelle cinematiche superficiali:

$$w_0 = \left. \frac{\partial}{\partial z} \chi \right|_{z=0} = \vec{u}_0 \cdot \nabla h(r, \phi) \quad (8.29)$$

dove w_0 è la velocità verticale indotta dal terreno, \vec{u}_0 il vettore della velocità iniziale e h l'altezza del terreno. Le funzioni $J_n \left(c_j^n \frac{r}{R} \right)$ formano una base ortogonale di funzioni radiali (serie di Fourier-Bessel) per ogni n e similmente anche la rappresentazione azimutale $\exp(in\phi)$ (serie di Fourier). I coefficienti K_{nj} possono quindi essere calcolati indipendentemente, proiettando il primo membro dell'Eq. 8.29 su questa base di funzioni. I dettagli matematici delle suddette trasformazioni si possono trovare in Oberhettinger (1973).

La rappresentazione polare ha molti vantaggi rispetto alla piú comune rappresentazione Cartesiana usata nei modelli MS3DJH ed in piú ne conserva i vantaggi della decomposizione spettrale. Definendo il centro del modello in modo tale che coincida con il punto di interesse, é possibile concentrare la risoluzione del modello attorno ad esso e limitare cosí i calcoli della perturbazione nei dintorni del punto. Per il punto centrale $r = 0$, é stata trovata la seguente soluzione:

$$\nabla \chi_j = \frac{1}{2}(1, i)K_{1j} \frac{c_j^1}{R} \exp\left(-c_j^1 \frac{z}{R}\right) \quad (8.30)$$

Il primo passo del modello dá quindi, come risultato, una serie di coefficienti K_{1j} , da cui la soluzione della perturbazione del flusso potenziale é data dalla somma dei termini descritti nella Eq. 8.30. Ogni termine ha una scala orizzontale $L_j = R/c_j^1$ associata, la quale rappresenta anche la profonditá caratteristica a cui penetra la perturbazione.

Il secondo passo del modello consiste nella modifica della soluzione del flusso potenziale per accomodare, in senso approssimato, gli effetti dell'attrito superficiale.

Il flusso potenziale implica un equilibrio tra il gradiente di pressione e l'avvezione del momento nell'equazione del momento, con l'annullarsi del trasporto di momento turbolento. Vicino alla superficie, il trasporto turbolento non può essere trascurato. La deviazione dal comportamento del flusso potenziale é ristretta ad uno strato la cui profonditá é dell'ordine di ℓ_j con $\ell_j \ll L_j$. Nel presente modello il valore di ℓ_j é stato determinato seguendo Jensen et al.(1984):

$$\ell_j = 0.3 \cdot z_{0j} \left(\frac{L_j}{z_{0j}}\right)^{0.67} \quad (8.31)$$

dove z_{0j} é la lunghezza di rugositá superficiale connessa alla scala desiderata. Per terreni omogenei $z_{0j} = z_0$. Per terreni disomogenei la lunghezza di rugositá é presa come una media pesata esponenzialmente da $r = 0$ a $r = 5L_j$ nella direzione sopravvento (pesando $\ln(z_0)$).

Per quote molto piú basse di ℓ_j , il trasporto turbolento forza l'equilibrio tra sforzo e gradiente verticale del vento, conducendo cosí ad un profilo logaritmico della perturbazione della velocitá. Per quote comparabili con ℓ_j si ha la perturbazione massima del flusso che eccede il valore predetto dal flusso potenziale. Nel presente modello il profilo della perturbazione é simulato, per ogni termine dell'espansione definita precedentemente, assegnando alla quota z una perturbazione di grandezza Δu_j :

$$\frac{\Delta \vec{u}_j(z)}{|u_0(z)|} = \frac{|u_0(L_j)|^2}{|u_0(z'_j)|^2} \nabla \chi_j \quad (8.32)$$

dove $u_0(z)$ é la velocitá dello stato base a quota z e z'_j é massimizza la funzione $\max(z, \ell_j)$.

Il calcolo dei coefficienti K_1 , attraverso il metodo della proiezione, implica integrazioni numeriche sull'azimuth e sul raggio: ciò é eseguito su un grigliato ed illustrato in Fig. 8.2. La dimensione del grigliato radiale é minima al centro e aumenta con la distanza di un fattore costante ($= 1.06$) per ogni maglia. In principio l'input necessario é la quota del terreno in ogni punto, tuttavia una piú pratica rappresentazione del terreno é data dalle linee isoaltimetriche (linee indicanti quote costanti) come quelle disegnate nelle mappe topografiche standard. Il modello é stato quindi progettato per accettare direttamente in input isolinee arbitrariamente scelte ed integra in un solo procedimento la stima dei parametri da calcolare e le integrazioni numeriche. Il grigliato consiste in 100 stazioni radiali: al centro si ottiene una risoluzione di circa 2 m (!) per un modello con $R = 10$ km, 10 m (!) per un modello con $R = 50$ km, ecc.. Quindi in pratica la risoluzione é limitata solo dall'accuratezza e densità delle isolinee nelle mappe topografiche.

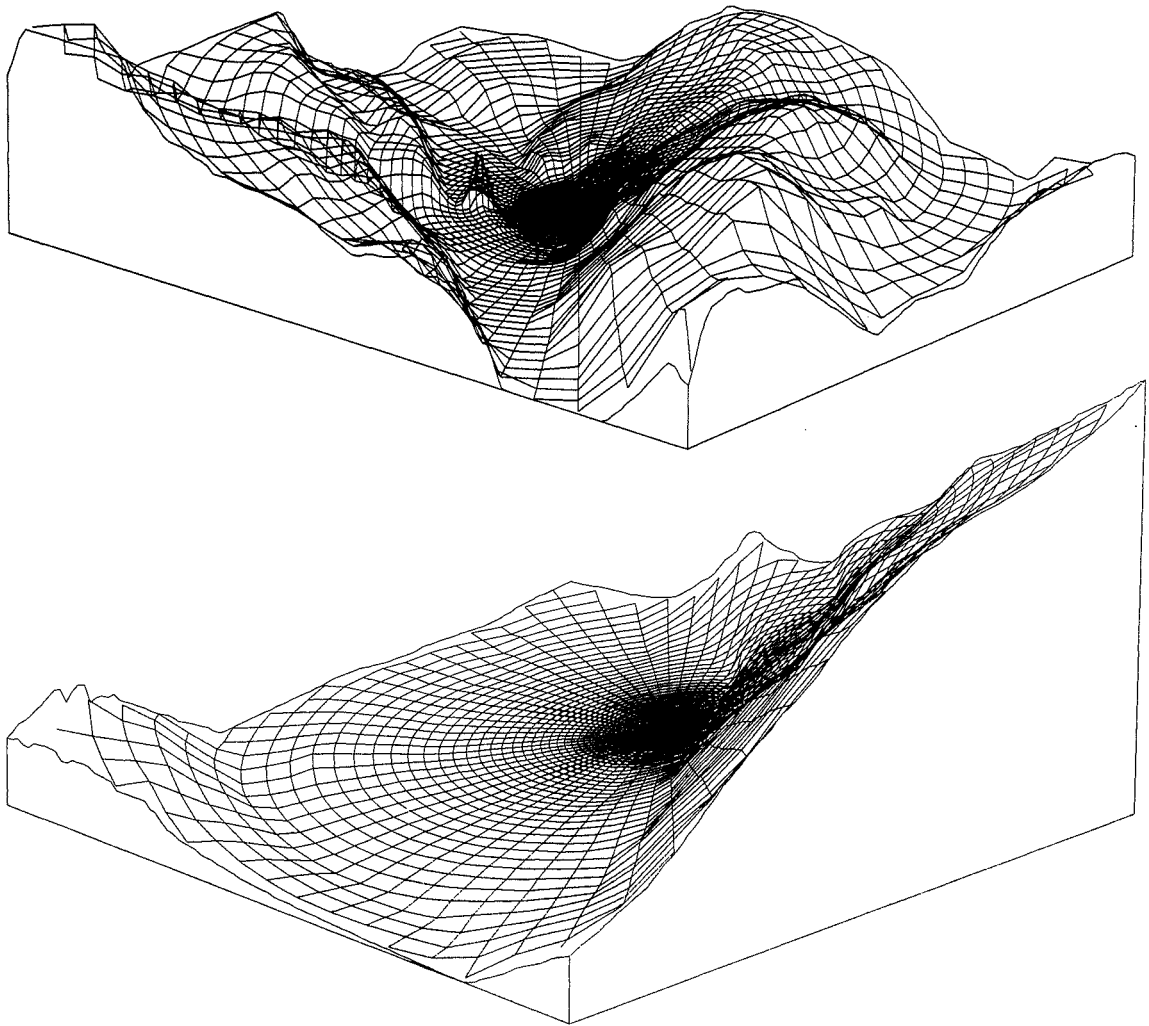


Figura 8.2. Tecnica dello zoom, impiegata nel modello su un grigliato polare, per la simulazione di un flusso su terreni complessi. Nella figura é stata riprodotta l'orografia della Valle del Great Glenn in Scozia, osservata da un punto sopra Loch Ness. Il grigliato é stato sovrapposto sul terreno e centrato sulla stazione meteorologica di Fort Augustus. Nella figura superiore, il lato ha dimensioni di 12 km mentre la figura inferiore mostra un dettaglio della precedente ed ha dimensioni di 2 km. La scala verticale é stata esagerata di un fattore 5.

8.6 La base statistica

I concetti base

Se osserviamo una serie temporale di misure della velocità del vento, ci accorgiamo che esse variano rapidamente nel tempo come illustrato in Fig. 8.3. Nella figura sono mostrati in sequenza il grafico della velocità del vento misurata per 100 giorni, seguito dagli zoom effettuati su periodi via via più piccoli della serie temporale. È facile osservare che nella serie temporale più lunga, le varianze relative sono maggiori di quelle delle serie temporali dell'ordine di ore o minuti ecc.. Questa partizione della varianza su differenti scale temporali è ulteriormente illustrata dallo spettro di potenza in Fig. 8.4.

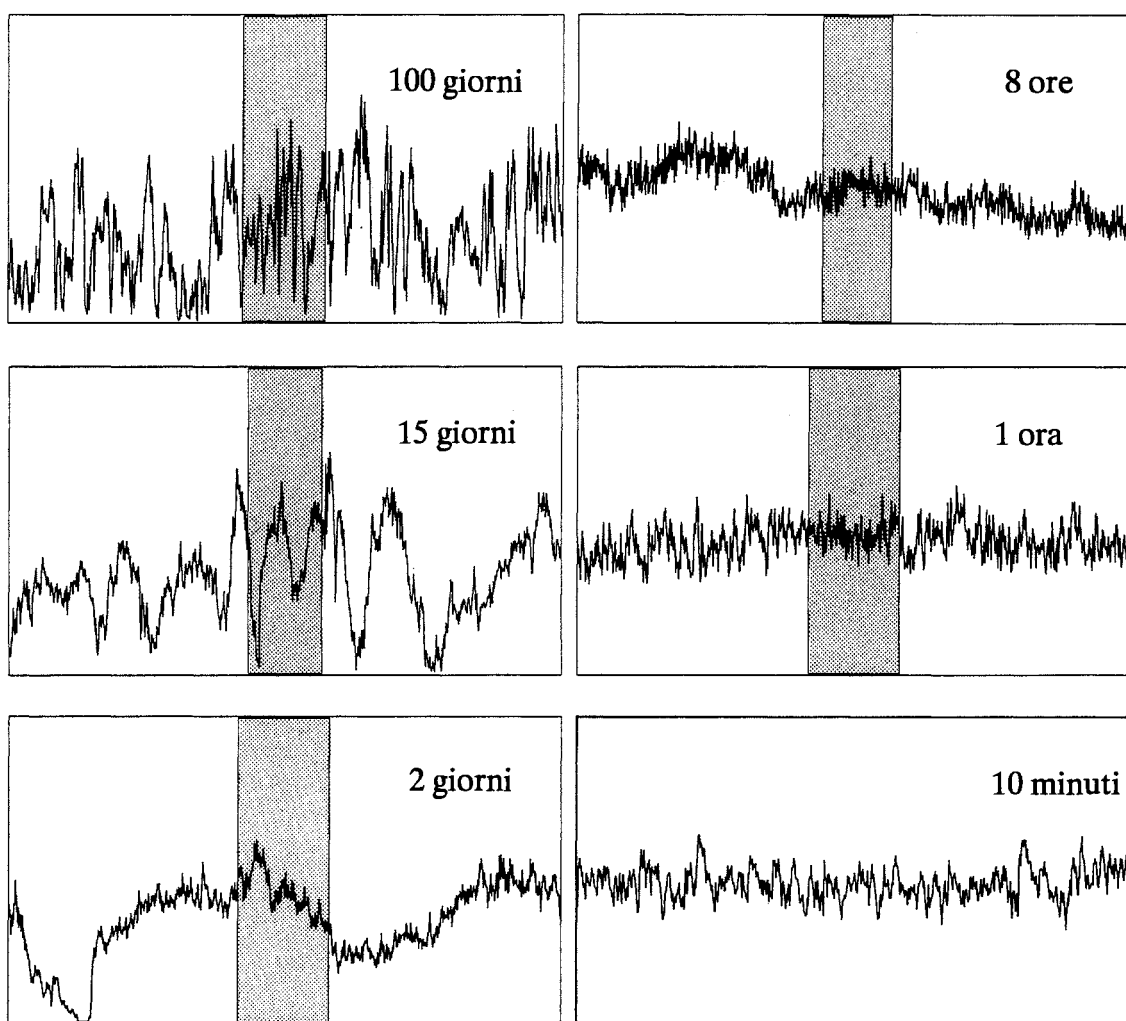


Figura 8.3. Velocità del vento misurata a 30 m di altezza sopra un terreno omogeneo e pianeggiante in Danimarca (Courtney, 1988). Ogni grafico mostra le misure nel periodo di tempo indicato. Il numero di dati in ogni grafico è 1200, ogni punto corrisponde alla velocità mediata su 1/1200 del periodo.

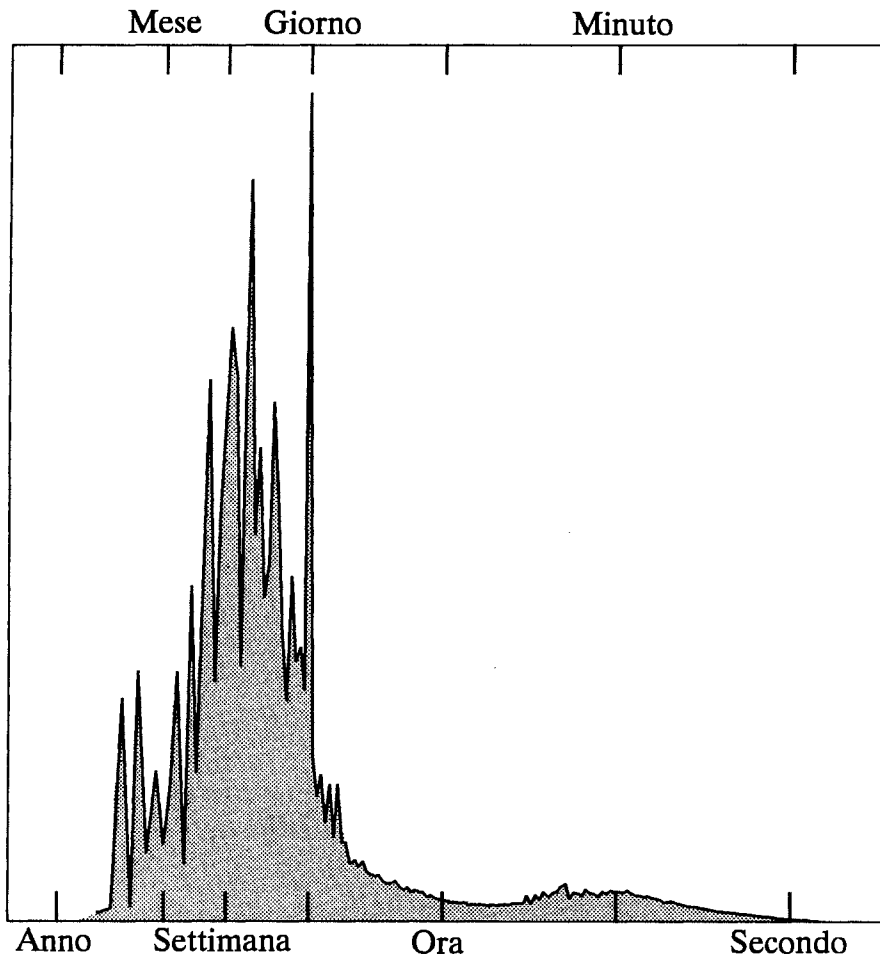


Figura 8.4. Spettro di potenza della velocità del vento misurata ininterrottamente su un terreno pianeggiante ed uniforme in Danimarca (Courtney, 1988). Il periodo di misura è stato di un anno con una frequenza di campionamento di 8 Hz. Lo spettro è mostrato in una rappresentazione reale logaritmica-lineare.

Al contrario, i meccanismi che causano il vento cambiano lentamente in risposta al cambiamento delle condizioni meteorologiche; direzione ed intensità del vento in un punto inoltre, variano non solo nel tempo ma, nello stesso istante, sono diverse da sito a sito. La causa di questo cambiamento spaziale e temporale è la turbolenza atmosferica nello SLP. Per definire quindi in modo significativo una misura di vento ci si deve riferire alla media su un dato periodo di tempo T . In teoria, una misura di vento andrebbe eseguita con uno strumento avente una risposta rapida e dovrebbe essere mediata integrando:

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad (8.33)$$

dove la sbarra sopra la variabile indica il valore medio di u (si osservi che tale notazione sarà usata solo in questa sezione dell'Atlante).

In pratica, a causa delle diverse modalità di messa a punto della strumentazione e presentazione dei dati, il periodo di mediazione varia da pochi minuti ad alcune ore. I dati usati per l'Atlante corrispondono per la maggior parte a tempi di media che vanno da 10 minuti ad 1 ora. Ogni osservazione, in questi gruppi di dati, dá cosí un valore di \bar{u} e la gran parte di questo volume tratta le statistiche di tali medie, presentate sotto forma di tavole di frequenza delle occorrenze e distribuzioni di Weibull, come descritto nella sezione seguente.

I dati non contengono informazione sulle fluttuazioni di vento che avvengono in periodi piú brevi della media T . Queste fluttuazioni turbolente su periodi molto piú corti, contribuiscono tuttavia alla densità di potenza teorica del vento e conseguentemente devono essere tenute in considerazione quando stimiamo la potenza del vento con questi dati. La densità di potenza del vento, disponibile su un intervallo di tempo T , é data da:

$$\bar{E} = \overline{\frac{1}{2}\rho u^3} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T \rho u^3(t) dt \quad (8.34)$$

In questa equazione la densità dell'aria può essere considerata costante con errore minore di pochi punti percentuali. Quindi l'Eq. 8.34 diventa

$$\bar{E} = \frac{1}{2} \rho \bar{u}^3 \quad (8.35)$$

La velocità del vento istantanea può essere scritta come il valore medio piú una quantità rappresentante la deviazione dalla media:

$$u = \bar{u} + u' \quad (8.36)$$

Con semplici passaggi si ha:

$$\begin{aligned} \overline{u'} &= 0 \\ \overline{u'^2} &= \overline{u^2} - \bar{u}^2 \\ \overline{u^3} &= \bar{u}^3 + \overline{u'^3} + 3\overline{u'^2}\bar{u} \end{aligned} \quad (8.37)$$

Indicando con σ_u lo scarto quadratico medio della fluttuazione turbolenta e con i l'intensità della turbolenza, si può scrivere:

$$\begin{aligned} \sigma_u^2 &\equiv \overline{u'^2} \\ i &\equiv \frac{\sigma_u}{\bar{u}} \\ \bar{E} &\approx \frac{1}{2} \rho \bar{u}^3 (1 + 3i^2) \end{aligned} \quad (8.38)$$

La distribuzione di frequenza di \bar{u} determina \bar{E} a meno del termine (piccolo) di correzione $3i^2$. L'intensità della turbolenza dipende dalle condizioni superficiali e dalla quota. Per terreni con rugosità omogenea e condizioni di neutralità atmosferica, é stata trovata una semplice relazione:

$$i = \frac{1}{\ln(z/z_0)} \quad (8.39)$$

Il termine di correzione nell'Eq. 8.38 ammonta a pochi punti percentuali (6% per $z = 30$ m e $z_0 = 0.03$ m).

È importante notare comunque, che questo risultato si applica alla densità di potenza in un singolo punto e che l'estrazione di questa potenza per mezzo di un aerogeneratore coinvolge l'effetto di venti simultanei su tutta l'area del disco del rotore, come discusso in Sezione 6.1. Il presente studio non include una valutazione più dettagliata degli effetti delle fluttuazioni turbolente sulla produzione di potenza di un generatore eolico, né saranno discussi altri aspetti dipendenti dai dettagli del progetto delle turbine.

La distribuzione di Weibull

Per rappresentare i dati di vento si usa la funzione di distribuzione di Weibull (Weibull 1951) in modo da descrivere in forma compatta la distribuzione di frequenza della velocità. La funzione a due parametri di Weibull è matematicamente espressa come segue:

$$f(u) = \frac{k}{A} \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) \quad (8.40)$$

dove $f(u)$ è la frequenza di occorrenza della velocità u (dovunque nell'Atlante, eccetto che nella precedente sezione, l'indicazione del valore medio \bar{u} non è mostrata esplicitamente). Con questa definizione dei due parametri di Weibull, ci possiamo riferire ad essi come al parametro di scala A ed al parametro di forma k . In Fig. 8.5 è illustrata l'influenza della variazione di k sulla forma della funzione. Per $k > 1$ il massimo (valore modale) si trova per valori $u > 0$, mentre per valori $0 < k \leq 1$ la funzione è monotona decrescente.

La funzione di Weibull può degenerare in due speciali distribuzioni, precisamente per $k = 1$ nella distribuzione esponenziale e per $k = 2$ nella distribuzione chiamata di Rayleigh. La funzione ad un parametro di Rayleigh, viene usata in alcuni casi poiché si visto che a volte la velocità del vento mostra distribuzioni che possono essere ben rappresentate con essa. In questo studio, comunque, è stata usata solo la funzione a due parametri di Weibull. L'analisi del parametro k , per ogni stazione dell'Atlante, mostra che, specialmente per climi tipici del Nord Europa, esso ha valori generalmente vicini a 2.0.

La funzione di distribuzione cumulata di Weibull $F(u)$ dà la probabilità di avere venti che superano un certo valore u ed è data dalla semplice espressione:

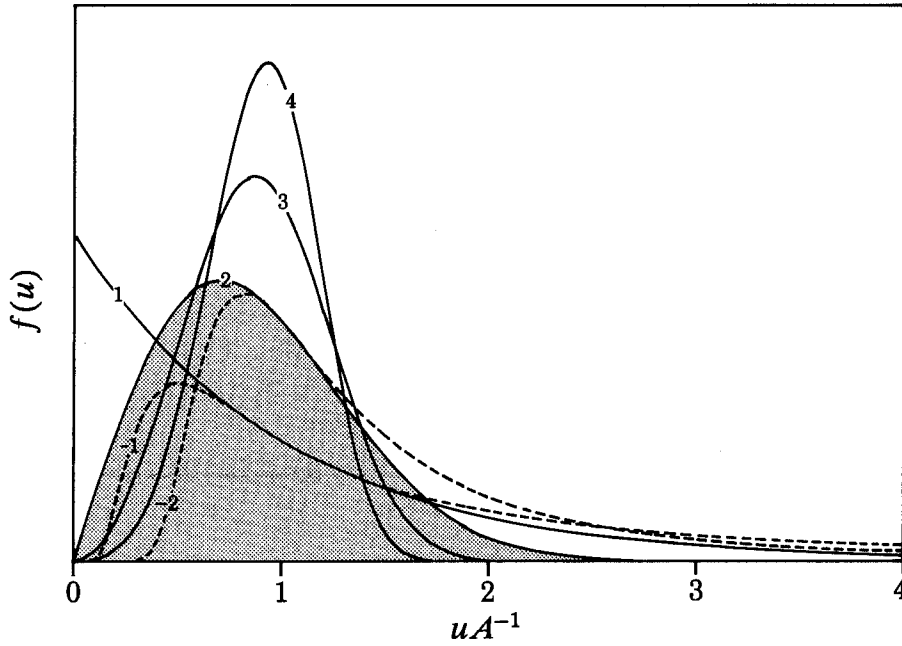


Figura 8.5. Forma della funzione di Weibull per valori differenti del parametro di forma k .

$$F(u) = \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) \quad (8.41)$$

Se la variabile u é distribuita come la funzione Weibull con parametro A e k , allora anche le potenze di essa u^m sono distribuite allo stesso modo ma con parametri A^m e k/m .

É facile derivare inoltre i momenti ed altre importanti caratteristiche della Weibull; di seguito é data la lista delle caratteristiche piú comuni della funzione a cui ci si riferirá da questo punto in poi:

valore medio: $A\Gamma(1 + \frac{1}{k})$

la media del quadrato: $A^2\Gamma(1 + \frac{2}{k})$

la media del cubo: $A^3\Gamma(1 + \frac{3}{k})$

la media della potenza m ma: $A^m\Gamma(1 + \frac{m}{k})$ (8.42)

varianza: $A^2[\Gamma(1 + \frac{2}{k}) - \Gamma^2(1 + \frac{1}{k})]$

valore modale: $A(\frac{k-1}{k})^{1/k}$

mediana: $A(\ln 2)^{1/k}$

La densità di potenza del vento disponibile é proporzionale al valore medio del cubo della velocità del vento:

$$E = \frac{1}{2} \rho A^3 \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) \quad (8.43)$$

dove E é la densità di potenza (Wm^{-2}) e ρ é la densità dell'aria ($\approx 1.2 \text{ kg m}^{-3}$ alla temperatura di 15°C ed a pressione standard di 1013 mb).

La velocità del vento a cui é disponibile la maggiore densità di potenza é data da:

$$u_m = A \left(\frac{k+2}{k} \right)^{1/k} \quad (8.44)$$

Allo stesso modo, per una distribuzione di Rayleigh, la velocità del vento a cui corrisponde la maggiore energia é in media il doppio della velocità piú frequente (valore modale).

Per trovare i due parametri della Weibull che meglio approssimano un istogramma rappresentante la distribuzione di frequenza della velocità del vento, si possono usare diversi metodi. Se i dati osservati sono ben rappresentati da una distribuzione di Weibull sull'intero range di velocità, allora la procedura d'interpolazione (fitting) può essere scelta a piacere. In generale tuttavia, l'istogramma ottenuto mostrerà alcune deviazioni dovute ad un certo numero di cause: per questa ragione, si deve scegliere una procedura di interpolazione che focalizzi l'attenzione sull'intervallo che piú interessa le applicazioni. Poiché in questo Atlante l'attenzione é rivolta alle velocità del vento piú elevate, si é adottato un semplice metodo dei momenti che agisca sulle alte velocità, ma non su quelle estreme.

Per ogni settore azimutale, sono stati calcolati i due parametri di Weibull imponendo che: 1) l'energia totale del vento nella distribuzione di Weibull interpolata e nella distribuzione sperimentale siano uguali e 2) per entrambe le distribuzioni, le frequenze delle velocità piú alte della media osservata siano le stesse. Combinando le due condizioni si ha una equazione con il solo parametro incognito k , che può facilmente essere risolta per mezzo di un algoritmo standard di ricerca delle radici.

Varie difficoltà, nell'intepolazione dei dati sperimentali, sono legate al trattamento delle velocità molto basse e molto alte. Le velocità molto alte, diciamo l'ultimo percentile di osservazioni, sono statisticamente assai incerte ed hanno bisogno di metodi speciali adatti all'analisi dei venti estremi (Gumbel 1958). Questa analisi non é inclusa nell'Atlante e la distribuzione di Weibull qui usata, non dovrebbe essere applicata per la stima delle frequenze abbastanza al di sotto dello 0.01.

A basse velocità, le limitazioni dovute alle risposte degli strumenti, le tecniche di rilevamento e troncamento dei dati conducono ad errori sostanziali nel determinare la frequenza delle occorrenze. A volte tali errori danno luogo a valori troppo alti

delle frequenze di calma registrate. Per applicazioni energetiche comunque, la forma precisa della curva di distribuzione non é di molto interesse e la presente analisi statistica é stata progettata tenendo conto di ciò. Bisogna notare che vi sono stazioni meteorologiche, con velocità media di $\approx 3 \text{ m s}^{-1}$ o minore, situate in posti con ragionevole climatologia del vento ma con pesanti effetti-barriera dovuti alla presenza di ostacoli. La climatologia del vento regionale, calcolata usando dati da tali stazioni, é quindi da considerare inaccurata a causa di queste difficoltà. Inoltre anche i modelli fisici usati nell'analisi presentano carenze per basse velocità.

Il metodo di interpolazione descritto precedentemente é usato per la stima dei parametri di Weibull per settore azimutale di provenienza sia per i dati sperimentali che per le distribuzioni di frequenza derivate (o trasformate) con il modello. I parametri corrispondenti alla distribuzione di frequenza totale, indipendentemente dalla direzione del vento, sono ottenuti dalla somma del primo e del terzo momento delle distribuzioni interpolate, relative ai singoli settori.

8.7 Il modello di analisi dell'Atlante del Vento

Il modello é composto dai modelli descritti nelle precedenti sezioni. A partire dalle serie temporale dei dati, dalla descrizione della rugosità del terreno, dai dati sulla presenza degli ostacoli e dalla descrizione topografica, é stata calcolata la climatologia del vento delle regioni considerate. Essa viene rappresentata dai parametri della funzione di distribuzione di Weibull calcolata per condizioni standard. Nel Capitolo 7, riguardante la statistica delle singole stazioni meteorologiche, sono riassunti sulle pagine del lato sinistro i dati di input e sul lato destro l'output del modello per ognuna di esse. Lo schema a blocchi del modello é mostrato in Fig. 8.6.

La procedura di calcolo può essere riassunta come segue. L'input é costituito dagli istogrammi della distribuzione della frequenza della velocità del vento per ognuno dei 12 settori azimutali per intervalli di 1 m s^{-1} . In primo luogo si calcolano i fattori di correzione, indipendenti dalla velocità, per ogni settore di provenienza. Possono essere considerati tre gruppi di fattori:

- I fattori di correzione per gli ostacoli, calcolati con il relativo modello, sono qui denotati da C_{obs}^j per il settore jmo .
- Fattori di correzione per i cambi di rugosità: C_{rou}^j . Il modello relativo correla la velocità misurata con la velocità sopravento ai cambi di rugosità nella direzione considerata. Inoltre, pesando le rugosità superficiali sopravento si ottiene una rugosità superficiale effettiva z_{0e}^j .
- Fattori di correzione per l'orografia, calcolati con il relativo modello. Esso é applicato introducendo in input un profilo di vento con direzione centrata nel settore di provenienza. Nell'applicare il modello orografico, le rugosità reali superficiali sono state considerate dei parametri, come descritto nella Sezione 8.5. Da ciò si ottengono C_{oro}^j e D_{oro}^j , dove D_{oro}^j rappresenta il valore della rotazione del vettore vento, calcolato con il modello orografico.

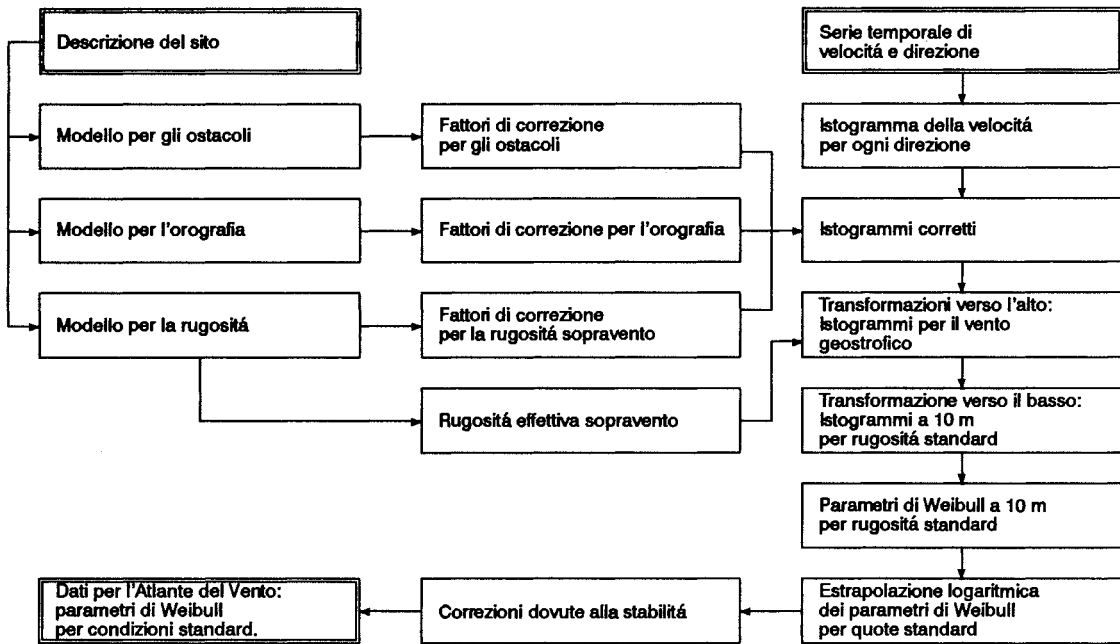


Figura 8.6. Schema a blocchi del modello di analisi dell'Atlante del Vento

Successivamente i tre fattori suddetti vengono usati per correggere ogni intervallo di velocità nel relativo settore azimutale. Considerando il settore j mo e l'intervallo di velocità compreso tra $u^{(k)}$ ed $u^{(k+1)}$, l'applicazione del fattore di correzione C_{obs}^j per gli ostacoli fornisce il valore che si sarebbe ottenuto se l'ostacolo non vi fosse. Allo stesso modo, vengono applicate le correzioni per l'orografia e per la rugosità per trasformare i confini dell'intervallo in valori che si osservano in condizioni sopravvento. Per ruotare i limiti azimutali, si applicano le rotazioni, calcolate col modello orografico, eseguendo la media dei due valori più vicini al limite considerato.

La lunghezza di rugosità effettiva z_0^j è usata, insieme ad i nuovi limiti degli intervalli, nella legge di resistenza geostrofica Eq. 8.5, per calcolare i limiti corrispondenti $G^{k,j}$ e $G^{k+1,j}$ e le direzioni associate, $D_{inf}^{k,j}$ e $D_{sup}^{k,j}$ partendo dai limiti inferiore e superiore degli intervalli azimutali originali. In tale trasformazione la frequenza di occorrenza in ciascun intervallo rimane invariata. Si sarebbe potuto usare il vento geostrofico come mezzo di rappresentazione della climatologia regionale, invece si è continuato il processo di trasformazione per ottenere la distribuzione del vento su alcuni valori standard di rugosità del terreno. Inoltre, per mezzo della legge di resistenza geostrofica, si possono ottenere valori di u_* , per le lunghezze di rugosità standard, da valori del vento geostrofico soprastante $G^{k,j}$, $G^{k+1,j}$ e valori della direzione del vento dalle direzioni D succitate. Dal profilo logaritmico (Eq. 8.1) si ottengono i corrispondenti valori di velocità del vento al più basso livello standard (10 m). A questo punto sono stati calcolati i contributi ad ognuno degli intervalli "standard" azimutali (30°) e di velocità (1 ms^{-1}). La procedura è ripetuta sui dati di input, per ogni intervallo direzione/frequenza allo scopo di ottenere quattro set di istogrammi della stessa forma di quelli di input ma alla quota standard più bassa di 10 m e per ognuna delle rugosità standard. Per ogni settore azimutale viene calcolata la corrispondente frequenza di occorrenza e vengono determinati i parametri di Weibull usando la procedura di interpolazione descritta nel Paragrafo 8.6. I parametri di Weibull cor-

rispondenti alle quote standard superiori z_n sono quindi calcolati come descritto in Sezione 8.1, usando un profilo logaritmico modificato in cui si tiene conto degli effetti della variazione del flusso di calore superficiale. Le medie e lo scarto quadratico medio dei flussi di calore superficiale sono specificati indipendentemente per la terraferma e per mare. Per tutte le stazioni analizzate sono stati adottati i seguenti valori:

Flusso di calore medio su terra	=	-40 Wm^{-2}
Flusso di calore medio su mare	=	15 Wm^{-2}
Scarto quadratico medio del flusso di calore su terra	=	100 Wm^{-2}
Scarto quadratico medio del flusso di calore su mare	=	30 Wm^{-2}

Le equazioni 8.17–8.18 forniscono i fattori di “contaminazione” dovuta agli effetti della stabilità rispettivamente su valori medi e deviazioni standard. Le suddette espressioni sono valutate per contaminazione dei dati di input usando la quota dell’anemometro, la distanza dalla costa, e lunghezze di rugosità superficiale per condizioni di equilibrio sopravento per ogni settore azimutale. In modo simile è stata calcolata la contaminazione per le altre quote standard; i rapporti tra i valori ottenuti e quelli di input sono stati usati per correggere i parametri di Weibull calcolati usando il profilo logaritmico. Usando le espressioni date in Eq. 8.42 sono state calcolate le medie e le deviazioni standard, sono state applicate le correzioni e, per calcolare i parametri di Weibull corrispondenti ai valori corretti della media e della varianza, è stato eseguito un calcolo inverso. In tutto questo procedimento, la classe 0 di rugosità corrisponde alla presenza di distese di acqua mentre le altre tre classi si riferiscono a condizioni di terraferma lontano da ogni influenza costiera.

8.8 Modello applicativo dell’Atlante del Vento

Il modello di analisi dati, descritto nel paragrafo precedente, è certamente completo per la realizzazione dell’Atlante del Vento, tuttavia anche il modello che ci permette il calcolo inverso ha la sua importanza. Esso ci permette di calcolare frequenza del vento, specifica di un sito, a partire dalla climatologia regionale. Lo schema a blocchi del modello è mostrato in Fig. 8.7. Un tale modello può essere usato da un utente del presente Atlante sia per validare la statistica regionale calcolata sia come strumento per la caratterizzazione eolica dei siti.

Il modello inserito in WASP è stato progettato per essere il più vicino possibile alla procedura inversa del modello per l’analisi. I due modelli hanno in comune la procedura di calcolo dei fattori di correzione per l’effetto-barriera, per l’orografia e per i cambi di rugosità. Nel modello applicativo, naturalmente, viene usata la descrizione particolareggiata del sito a cui esso si voglia applicare.

Per ogni settore di provenienza del vento e per le quote considerate, riportate nelle tavole dell’Atlante del Vento, sono calcolati i rispettivi parametri di Weibull A_j e k_j e la frequenza f_j . Per quote e rugosità differenti da quelle standard, è stata usata

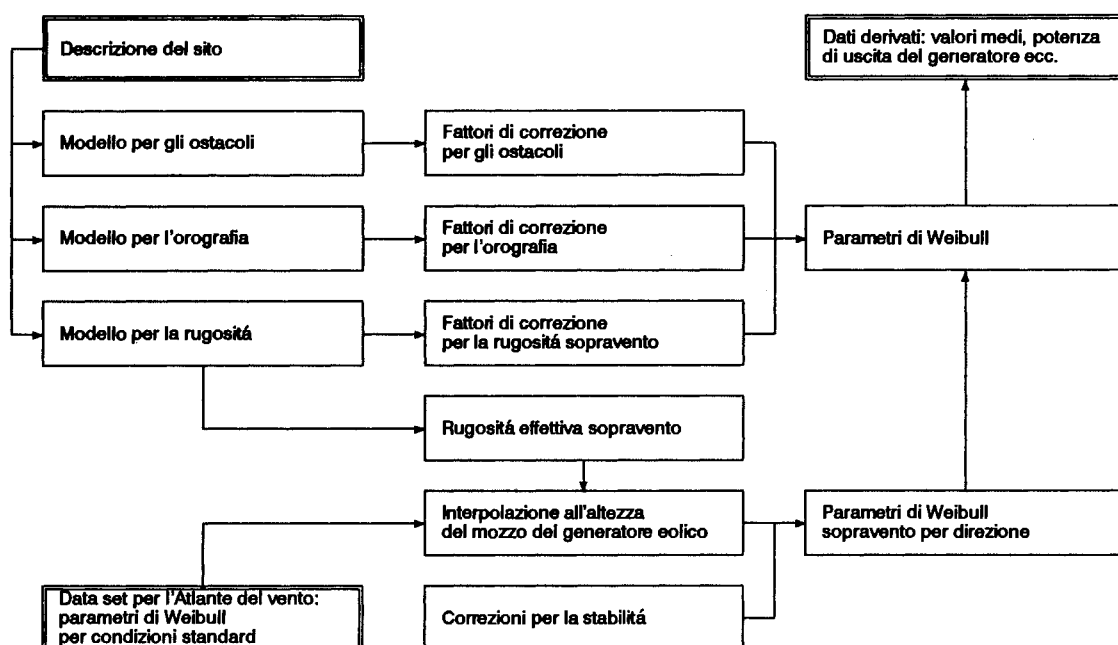


Figura 8.7. Schema a blocchi del modello applicativo dell'Atlante del Vento

una procedura di interpolazione logaritmica. I valori z_{0e} , calcolati nel modello per il cambio di rugosità (Sezione 8.3), sono stati usati come valori di rugosità superficiale per ogni settore. I fattori di correzione sono applicati al parametro A per ogni settore mentre si tiene fisso il valore del parametro k . Infine si applica il fattore di correzione per le condizioni di stabilità.

Considerando una certa climatologia regionale del vento, per una data quota sul terreno e per ostacoli, rugosità ed orografia specificati, il modello calcola i parametri di Weibull e le frequenze per ogni settore azimutale. La coerenza interna dei risultati è stata verificata calcolando la climatologia della stazione usando la climatologia regionale derivata dalla stazione stessa per mezzo del modello che esegue l'analisi. Ancora più interessante è il confronto reciproco effettuato tra due stazioni di cui una è usata per predire la climatologia locale dell'altra in località vicina. Questo esercizio di reciproco confronto è descritto nel Capitolo 9.

8.9 Dati meteorologici e descrizione delle stazioni

Una rete di stazioni meteorologiche, usate per la previsione del tempo e servizio di informazione, è chiamata comunemente rete sinottica. Il posto di osservazione deve essere situato necessariamente in aree in cui si ha del personale sempre presente, non necessariamente con il solo compito del rilevamento dei dati: per esempio vicino ad un faro. Anche gli aeroporti in cui le misure sono prese in generale per scopi aeronautici fanno parte della rete sinottica. Le misure considerate in questo Atlante del Vento provengono dalle varie reti sinottiche europee. I partecipanti di ogni singola nazione al gruppo di lavoro hanno selezionato le stazioni da cui acquisire i dati.

In Appendice C sono riportati i criteri di selezione delle stazioni riassunti sono qui di seguito:

- copertura sufficiente di ogni nazione: ogni zona climatica individuata dovrebbe essere rappresentata con dati. Per regioni lontane da montagne ciò vuol dire stazioni lontane meno di approssimativamente duecento chilometri. Per regioni montagnose, è stato difficilmente possibile avere tale requisito per cui l'analisi è stata eseguita solo a macchie.
- periodo di tempo sufficientemente lungo. Con il termine climatico si intende generalmente un gruppo di dati su un periodo di 30 anni. In questa analisi ci si è dovuti limitare invece a periodi di 10 anni. La ragione principale è stata l'importanza della reale descrizione delle condizioni anemometriche e della accuratezza della strumentazione.
- la migliore disposizione possibile dell'anemometro, lontano da edifici od altri ostacoli. Questo requisito è stato probabilmente il più difficile da soddisfare.
- descrizione accurata delle condizioni anemometriche e dati triorari nell'arco della giornata, mediati su 10 minuti o su un'ora.

Questi requisiti sono, in molti casi, contraddittori per cui i partecipanti al gruppo di lavoro per ogni singola nazione hanno selezionato le stazioni sulla base del loro giudizio, tenendo presente i suddetti punti.

I dati sono stati concessi dai servizi meteorologici e dell'aeronautica militare di ogni singola nazione; si è inoltre supposto che la loro qualità era stata già controllata dalla organizzazione che li aveva forniti. I partecipanti al gruppo di lavoro hanno fornito i dati su nastri magnetici insieme al questionario descritto in Appendice C con le caratteristiche delle stazioni.

Il primo controllo importante sui dati è stata l'ispezione della tavola delle frequenze, per es. la tavola dei dati grezzi data per ogni stazione nel Capitolo 7. Da questa ispezione è stato possibile individuare le mancanze come:

- velocità del vento troppo alte.
- numero anomalo di osservazioni in alcune classi di velocità e/o settori di provenienza del vento.
- alcune configurazioni, nelle tavole, causate dalla trasformazione dei dati, forniti originariamente in scala Beaufort, nodi, miglia orarie ecc. a metri al secondo. Per esempio, la trasformazione dei dati, misurati su 16 settori, in 12 settori può dare alla tavola una configurazione caratteristica.

La cura per queste mancanze nei dati è stata semplicissima. Le alte velocità del vento, considerate anomali, sono state rimosse manualmente; con questa procedura furono esclusi solo pochi dati. Le occorrenze anomali delle velocità e/o direzioni sono state controllate con climatologie del vento già note. Le configurazioni causate

dalla trasformazione dei dati sono state eliminate usando la seguente procedura: se la discretizzazione della velocità u e direzione D del vento é data da Δu e ΔD allora ad ogni osservazione é stato assegnato un nuovo valore:

$$u_{new} = u_{old} + a\Delta u \quad (8.45)$$

$$D_{new} = D_{old} + b\Delta D$$

dove a e b sono uniformemente distribuiti sull'intervallo $[-0.5, +0.5]$.

Un altro problema che si é presentato é stata la mancanza delle osservazioni notturne in alcune stazioni. Mentre la maggior parte delle stazioni rispondeva al criterio delle osservazioni triorarie, in alcune zone furono incluse le stazioni mancanti di tutti od alcuni rilevamenti notturni: questo di fronte all'alternativa di non avere alcuna informazione. Prima di analizzare i dati di queste stazioni incomplete si sono dovuti ricostruire i dati mancanti. La ragione della ricostruzione é dovuta al fatto che le velocità medie minime giornaliere si hanno di notte; dall'analisi di questi dati sarebbe quindi risultato uno spostamento della velocità media verso valori piú alti. Il metodo scelto sostituisce semplicemente i dati mancanti con una interpolazione lineare sull'intervallo di tempo tra l'ultimo dato notturno e la prima osservazione al mattino. Questo procedimento é stato applicato alle tavole delle frequenze generate per ognuno degli otto periodi triorari di osservazione. Le tavole della frequenza delle osservazioni mancanti sono state sostituite dalle tavole ottenute con le interpolazioni tra i periodi reperibili.

Le stazioni con il problema della mancanza di rilevamenti notturni, possono essere riconosciute dall'insieme delle tavole caratteristiche climatologiche delle stazioni (fingerprint) e dalla tavola delle velocità medie orarie poiché si ha nessun valore alle ore corrispondenti.

Le informazioni sulla topografia attorno alla stazione, fornite con i dati, sono state convertite in numeri che possono essere usati in ingresso ai modelli per l'orografia, per l'effetto-barriera e per ilcambio di rugosità.

La classificazione della rugosità segue la procedura data nel Paragrafo 5.2, impiegando il modello descritto nel paragrafo 8.3. La rugosità é stata determinata usando mappe a scala 1:25 000 o 1:50 000, fotografie del sito scattate a terra e qualche volta foto aeree. Per ragioni militari, non si sono potute avere mappe o foto di alcune stazioni: in tal caso sono state prese tutte le informazioni reperibili.

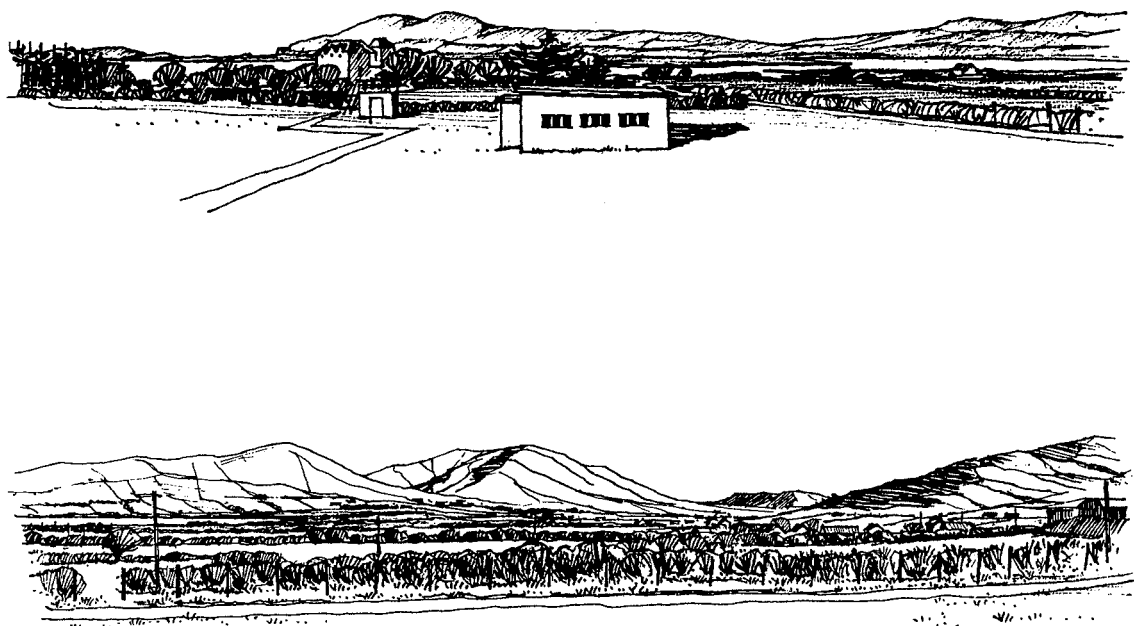
Per ogni stazione, il giro di orizzonte attorno all'anemometro é stato suddiviso in dodici settori di 30 gradi ciascuno. Ad ogni settore sono state attribuite le relative lunghezze di rugosità fino ad una distanza di 5 km; se era presente una vasta distesa di acqua od altri cambi di rugosità significativi allora la distanza considerata era aumentata a 10 km. Le lunghezze di rugosità assegnate alle stazioni sono mostrate nella statistica delle stazioni.

Le informazioni sugli ostacoli vicino l'anemometro sono state fornite direttamente o rilevate da mappe, foto od altri tipi di descrizioni.

Tornando al problema dell'uso delle misure ottenute sia in prossimità che sopra un edificio, è ovvio che più l'anemometro è influenzato da qualunque ostacolo e più è difficile estrarre informazioni, sulla climatologia del vento, che siano rappresentative a scala regionale. Fin dall'inizio di questo studio, è stato fatto uno sforzo per evitare questo problema, includendo solo le misure eseguite con anemometri posti su pali isolati. Tuttavia, per avere comunque l'opportunità di coprire minimamente ogni nazione, sono state incluse anche le stazioni che presentavano tali problemi. Nella descrizione delle stazioni, Capitolo 7, sono stati inclusi anche i problemi che esse presentano.

Il modello per la correzione dei dati da effetti orografici, descritto nel paragrafo 8.6, è stato applicato ai dati di alcune stazioni che sono state giudicate influenzate dall'orografia. L'input per il modello è stato ottenuto digitalizzando le isoaltimetriche da mappe topografiche dei siti.

Come base sono state usate mappe topografiche a scala 1:25 000 o 1:100 000. Vicino la stazione di misura le isolinee sono state digitalizzate più fittamente possibile usando un digitalizzatore standard. In alcuni casi le mappe sono state ingrandite per facilitare il disegno delle isolinee.



Views from the Valentia Observatory, Ireland

Statistiche da radiosondaggio

L'Atlante del vento mostra anche le statistiche di 29 stazioni di radiosondaggio. I sistemi di radiosondaggio usati variano da nazione a nazione. Di seguito, per esempio, è riportata la descrizione del sistema Britannico presa dal "Meteorological Office: Upper-Air Summaries, 1961-70":

Per localizzare un riflettore passivo attaccato al pallone della radiosonda è stato usato il radar. La posizione del pallone è quindi determinata in coordinate polari sferiche (raggio, azimuth ed elevazione). I rilevamenti sono eseguiti ad intervalli di tempo di un minuto su una scala temporale comune tra il radar e radiosonda. Il vento è misurato a quote prestabilite mediante lo spostamento orizzontale del pallone in un intervallo di tempo di due minuti, centrato approssimativamente su un livello standard prestabilito. La velocità del vento ottenuta risulta essere la media su uno strato di circa 730 metri di spessore. Il radiosondaggio ha luogo due volte al giorno alle ore 00 ed alle ore 12 GTM.

I dati presentati in Tavola 7.3 si riferiscono alla quota di 850 mb (eccetto per la stazione di Heraclion, Grecia) che, per una stazione al livello del mare, corrisponde a circa 1500 metri. In questo modo i dati possono essere considerati rappresentativi del vento geostrofico. Il fatto di avere a disposizione il vento geostrofico è assai importante per la metodologia dell'Atlante del Vento che ha in parte come scopo il calcolo del vento geostrofico partendo da dati superficiali. In Jensen et al. (1984) e Petersen et al. (1981) è descritto l'uso della statistica del vento geostrofico ottenuta sia dall'analisi del campo di pressione superficiale che da radiosondaggi, per il calcolo della climatologia regionale del vento. Le climatologie regionali, calcolate mediante i dati da radiosonda e presentate nel Capitolo 7, sono state prodotte usando il modello di analisi dell'Atlante del Vento descritto in Sezione 8.7 (Il punto di partenza è dato in Figura 8.6 nel riquadro intitolato istogramma del vento geostrofico).

Per vari motivi, la statistica da radiosondaggio non è stata scelta come sorgente primaria di dati per questo studio. Una ragione è la bassa densità di stazioni di rilevamento rispetto quelle superficiali, un'altra ragione è la difficoltà ad ottenere dati in formato e qualità uniformati. L'applicazione dei dati da radiosondaggio non è stata quindi ben studiata. Comunque, un confronto preliminare tra i dati superficiali e quelli in quota mostra una buona corrispondenza per venti geostrofici di circa 10 m/s. Per bassi valori del vento medio in quota, i valori predetti alla superficie tendono ad essere maggiori di quelli misurati.

Le statistiche da radiosondaggio sono integrate da statistiche sul vento geostrofico superficiale calcolate mediante l'analisi del campo di pressione superficiale misurato in Danimarca (Petersen et al., 1981).

8.10 Limitatezza dei dati e dei modelli

Non é possibile dare i limiti precisi di errore per i dati inclusi nell'Atlante del vento e la sua attendibilitá può essere provata meglio dal confronto dei dati di differenti stazioni come quello presentato nel Capitolo 9. Qui discutiamo brevemente sulle incertezze contenute nei dati e sui metodi di analisi adottati.

Le misure sono sempre associate ad incertezze. Si seleziona la strumentazione e si esegue l'analisi dei dati con accuratezza legata all'obbiettivo che si vuole perseguire. Quando la velocità del vento é al di sopra di 3 m s^{-1} , un anemometro accuratamente calibrato e di buona qualità può misurare con una precisione di $\pm 2\%$. Il problema viene dal fatto che non si può assumere la stessa precisione per i dati sinottici e climatologici che formano l'input base per questo Atlante. Escludendo gli errori sistematici, che possono sorgere per vari motivi come la calibrazione sbagliata di un anemometro, per i dati di vento si deve assumere una incertezza di circa il $\approx 5\%$. Inoltre alcuni set di dati potrebbero contenere un'alta percentuale di dati non valutati che alla fine porterebbero ad un diverso valore del risultato finale. Tutto questo significa che, la stima delle risorse eoliche dove il vento misurato, può dare un errore del $\approx 15\%$ o più nel calcolo della potenza media.

La trasformazione dei dati descritta nel paragrafo precedente fornisce una procedura per il calcolo della statistica del vento lontano dal punto di misura. La trasformazione può essere ugualmente considerata come un metodo per ripulire i dati dalle influenze indotte dalle caratteristiche locali del terreno come esposto precedentemente nel corso di questo Capitolo. In entrambi i casi rappresenta una estrapolazione orizzontale e verticale ad un sito vicino reale o ad una zona immaginaria idealizzata. Ancora, la pratica applicazione dell'Atlante del Vento coinvolge una estrapolazione nel tempo a partire dal periodo coperto dalle misure a disposizione.

Oltre agli errori ed alle imprecisioni dei dati sperimentali, la trasformazione involve anche gli errori dovuti ai modelli, alla stima dei parametri climatologici e di parametri come le lunghezze di rugosità per ogni stazione sommando così le imprecisioni.

I sottomodelli descritti precedentemente sono necessariamente basati su semplificazioni adottate per rendere fattibile l'analisi. La legge di resistenza geostrofica che può essere considerata il perno centrale attorno a cui sono costruiti i modelli, é strettamente applicabile solo sotto un determinate condizioni ideali. L'applicazione della suddetta legge per calcolare il vento geostrofico da una singola misura anemometrica in superficie, é associata ad una incertezza del $\pm 15\%$ o più. Questa incertezza é principalmente causata dalla non stazionarietà e baroclinicità (Clarke e Hess, 1974). Nel presente contesto, l'aver messo in relazione la distribuzione di frequenza del vento per differenti condizioni di rugosità ha fornito, in pratica, deviazioni molto più piccole. Questo é illustrato dai risultati del confronto reciproco delle stazioni nel Capitolo 9, in particolare per stazioni non situate in terreni ad orografia complessa.

Per il modello di correzione dell'effetto barriera, descritto nel Paragrafo 8.4, le imprecisioni di base possono essere stimate dai dati di Perera (1981). Ulteriori imprecisioni sono introdotte nel modello dall'applicazione ad oggetti reali tridimensionali. I valori tipici delle correzioni da apportare, a causa dell'effetto-barriera degli ostacoli, ammontano solo a pochi punti percentuali e quindi anche grandi errori relativi nella stima di questo effetto hanno un'influenza molto limitata sulla statistica calcolata. Se i fattori di riduzione dovuti all'effetto-barriera sono grandi, allora anche l'imprecisione connessa alla statistica derivata sarà grande.

Il modello per il cambio di rugosità del terreno e l'attribuzione della lunghezza di rugosità relativa introducono imprecisioni che sono massime ai valori estremi della scala delle rugosità. La stima della lunghezza di rugosità dalle caratteristiche topografiche è accurata dentro un fattore 1.5 (approssimativamente). Questa indeterminazione è tradotta in errori aspettati del $\approx 5\%$ per valori di velocità medie calcolate da stazioni situate generalmente in terreni aperti ($z_0^{media} < 10$ cm) e fino a $\approx 15\%$ per terreni molto chiusi ($z_0^{media} > 40$ cm).

Per terreni in cui è presente un notevole effetto-barriera c'è l'ulteriore difficoltà che i dati misurati sono spesso traslati verso valori medi troppo bassi a causa della soglia relativamente alta della maggior parte degli strumenti di misura.

I valori più alti degli errori sono in relazione al calcolo del flusso di vento in orografia complessa. Empiricamente è stato trovato che il modello orografico lavora bene nel predire la perturbazione del flusso su colline e creste non troppo ripide. Il tipico errore indotto dal modello è dell'ordine del 10% in cima ad una collina con dimensioni orizzontali minori di 1-2 km e pendenze minori del 30%. Per colline e creste più ripide, il modello sottostima il grado di riduzione di velocità nella parte sottovento della collina come altri modelli simili (vedi per es. Salmon et al., 1987). Questo effetto diventa completamente evidente per colline ripide che presentano la separazione del flusso nel lato sopravvento.

Le configurazioni orografiche a grande scala rendono il modello sempre più insufficiente a causa della importanza degli effetti dinamici non presenti in esso. È difficile stimare la grandezza degli errori tipici tuttavia, ci sentiamo tuttavia rassicurati poiché le caratteristiche del modello assicurano che, per la stima di condizioni di vento in siti vicini al punto di misura, i dettagli del flusso a larga scala influenzano i risultati solo marginalmente.

I dati base usati in questo Atlante del Vento si riferiscono generalmente all'altezza di 10 m. Per altezze superiori a 50 m, la climatologia del flusso di calore superficiale comincia a crescere di importanza nell'estrapolazione verticale della distribuzione del vento. Per questo motivo, per quote superiori a 50 m, ci si aspetterebbe una minore attendibilità dell'Atlante. I confronti, operati con i dati misurati su torri meteorologiche nel Capitolo 9, sono in un certa misura in contraddizione con la nostra aspettativa; questo test del modello di stabilità non può essere comunque considerato conclusivo a causa della limitatezza dei set di dati reperibili.

Capitolo 9

Verifica della metodologia dell'Atlante del vento

Solo paragonando i dati sperimentali con quelli predetti dal modello si può giudicare se la statistica regionale, calcolata con le misure anemometriche di una particolare stazione interna ad essa, può essere adeguata per una valutazione accurata dell'energia del vento di quella stessa regione. In questo capitolo è presentato un tentativo di verifica parziale, eseguita paragonando reciprocamente stazioni che sono situate principalmente nella stessa condizione di climatologica eolica: la posizione delle stazioni è mostrata nelle mappe nel Capitolo 2; esse sono separate da distanze di circa 200 km o meno.

9.1 Confronto fra stazioni

Consideriamo per esempio la statistica regionale ottenuta dalla stazione irlandese di Belmullet, sulla costa Atlantica; supponiamo di utilizzarla per predire la velocità media nella stazione di Valentia, situata anch'essa sulla costa Atlantica. La procedura è stata descritta in Fig. 1.1. L'input per la procedura di calcolo (parte applicativa di WASP per l'Atlante del Vento) è la statistica regionale di Belmullet (stazione usata per predire). Per la stazione di Valentia (stazione da predire) le informazioni necessarie sono: la rosa delle rugosità, gli ostacoli e la mappa dei dintorni, digitalizzata sotto forma di isoaltimetriche.

I risultati della procedura sono mostrati di seguito nella *tabella di confronto* in cui i nomi delle stazioni di riferimento sono scritti per intero mentre i nomi delle stazioni da predire sono stati abbreviati. Nella figura, la linea diagonale ombreggiata indica la predizione della stazione su se stessa; In tal caso i valori medi uguagliano quelli realmente misurati, eccetto che per gli errori di arrotondamento. Quindi gli schemi mostrano il confronto reciproco fra stazioni. Per esempio, come mostrato nella Tavola 9.2, usando le stazioni di Claremorris, Roches Point e Cork, la stazione di Shannon risulta avere valori medi di velocità del vento rispettivamente di 4.9,

4.9 e 5.2 ms^{-1} contro un valore medio sperimentale di 5.0 ms^{-1} . Lo schema di confronto per le stazioni irlandesi fornisce una convincente comparazione fra tre gruppi di stazioni; le stazioni sulla costa Atlantica, quelle sulla costa Sud e le stazioni dell'entroterra. Comunque, come si può vedere dagli altri schemi, i risultati non sono sempre così buoni.

Nel precedente capitolo sono state discusse le incertezze inerenti alla metodologia dell'Atlante: quali, per esempio, gli errori di misura e l'incapacità del modello fisico di modellare il flusso reale. L'effetto collettivo di tutte queste incertezze porta a diminuire l'affidabilità delle statistiche regionali e quindi la loro applicazione per il calcolo della statistica dei siti nella regione. A parte queste incertezze esiste il problema fondamentale della simulazione di un flusso di vento in regioni collinose o montagnose. È ovvio che una stazione situata in una valle profonda è esposta a venti che sono soggetti ad un effetto considerevole di incanalamento; un esempio è dato dalla stazione inglese di Fort Augustus. Le stazioni che sono influenzate da tali effetti orografici possono essere usate solo per predire climatologie del vento in stazioni situate nelle vicinanze e con le stesse caratteristiche del terreno.

Nella selezione delle stazioni per la tabella di confronto, si sono avute delle difficoltà a trovare stazioni, in territori complessi, che si potessero considerare esposte alla stessa influenza topografica. Nonostante i problemi incontrati nell'applicazione del modello alle stazioni ad orografia complessa, negli schemi di confronto, sono stati inclusi diversi esempi per mostrare chiaramente le incertezze implicate. Ogni schema è seguito da un breve commento: per ulteriori chiarimenti il lettore è rimandato alle descrizioni delle stazioni nel Capitolo 7.

Ci sono due distinti tipi di deviazioni sistematiche che possono essere attribuite agli errori di misura e/o errori provenienti dalla procedura di estrazione dei dati di input per i modelli e dalle informazioni sulle stazioni (foto, mappe, descrizioni scritte ecc.). Il primo tipo è caratteristico di una stazione in cui viene predetta una velocità media più bassa mentre essa stessa predice velocità più alte nelle altre stazioni. Questo può essere causato da:

- anemometro che fornisce valori troppo alti (probabilmente è un problema di calibrazione)
- le rugosità, inserite nella rosa delle rugosità, sono troppo alte
- gli effetti-barriera, provocati dagli ostacoli nelle vicinanze, sono esagerati
- gli effetti, dovuti all'orografia, sottostimano l'effetto di aumento della velocità

Il secondo tipo è caratteristico di una stazione in cui è predetta una velocità troppo alta mentre essa stessa predice velocità più basse per le altre stazioni. Questo può essere dovuto alle stesse cause descritte per il precedente caso ma con segno opposto.

Tali confronti danno una prima indicazione sulla rappresentatività regionale della statistica di una data stazione o di un gruppo di stazioni. I confronti vanno tenuti nella dovuta considerazione: molte stazioni hanno circa la stessa velocità media tra 4 e 5 ms^{-1} cosicché alcune predizioni potrebbero sembrare cadere a caso in questo intervallo). Tuttavia la fiducia nel modello è recuperata quando esso predice bene i

casi in cui si verificano differenze sostanziali tra stazioni: per esempio le stazioni olandesi di Eelde e la nave-faro Texel si predicono a vicenda quasi esattamente con valori medi rispettivamente di 4.5 e 7.6 m s^{-1} . Le due stazioni Inglesi di Snaefell, situata nel punto piú elevato dell'isola di Man (621 m) e Blackpool, sulla costa del Mare d'Irlanda, con valori medi rispettivamente di 13.8 e 5.7 m s^{-1} , si predicono a vicenda con valori da 12.0 a 7.1 m s^{-1} . Questo risultato é da ritenere soddisfacente se si considera che, nella località di Snaefell, i calcoli prevedono un aumento del vento, causato dall'orografia, fino a circa il 144%.

Un confronto piú completo fra un gruppo di stazioni richiede un confronto delle predizioni eseguite a varie quote ed uno studio sui i parametri di Weibull e la frequenza di occorrenza della velocità calcolati, in funzione della direzione del vento. Una presentazione anche grossolana di una tale completa investigazione gonfierebbe l'Atlante del Vento; tuttavia, nella Sezione 9.2, é stato riportato qualche confronto effettuato tra predizioni e misure eseguite a differenti quote per alcune delle torri meteorologiche piú alte a disposizione. Il lettore, volendo, può operare confronti fra le rose dei venti di stazioni che non sono molto influenzate da effetti orografici; per fare ciò é sufficiente applicare il metodo descritto nel Capitolo 5. Si possono eseguire confronti piú completi che includono stazioni in terreni ad orografia complessa usando il Programma WASP. Un esempio é dato nella Tabella 9.1.

Tabella 9.1. Simulazione di condizioni di vento, per una stazione situata in una zona ad orografia complessa, con l'uso della statistica da radiosondaggio. Per predire i parametri della distribuzione di Weibull totale e settoriale per la stazione di Fort Augustus, si é fatto uso della statistica regionale da radiosondaggio della stazione di Stornoway, prodotta dall'Atlante del Vento vedi Fig. 8.2.
Il confronto mostra la possibilità di usare dati da radiosondaggio per la simulazione del vento in terreni complessi. Il confronto tra misure e simulazione mostra un buon accordo e questo é dovuto in parte alla scarsa ventosità della regione.

Settore	Misurate			Predette			Misurate		
	Stornoway			Fort Augustus			Fort Augustus		
°	A	k	f	A	k	f	A	k	f
0	10.7	1.85	6.5	1.9	1.48	3.6	1.9	1.12	4.3
30	10.2	1.94	4.7	2.8	1.56	5.2	3.6	1.73	7.8
60	9.2	1.77	4.1	3.5	1.50	9.6	3.8	1.94	10.0
90	9.3	1.68	4.0	2.3	1.33	4.8	2.5	1.44	4.6
120	9.3	1.64	5.2	1.9	1.56	4.2	1.2	0.79	3.1
150	9.2	1.64	5.7	1.8	1.77	5.0	1.8	0.94	3.3
180	12.7	1.90	9.7	3.1	1.51	7.8	3.5	1.40	5.3
210	15.4	1.94	13.7	4.9	1.85	17.1	5.5	2.43	21.3
240	16.3	2.21	15.7	5.5	1.93	27.2	4.7	1.89	25.1
270	15.5	2.07	13.6	3.1	1.47	7.2	2.6	1.52	9.0
300	13.5	1.92	9.2	2.2	1.60	4.7	1.0	0.87	3.3
330	11.7	1.89	8.0	1.5	1.70	3.3	0.9	0.83	3.0
Totale	13.1	1.81	100.0	3.7	1.42	100.0	3.9	1.65	100.0

Tabella 9.2. Confronto per le stazioni Irlandesi. Sono stati effettuati tre raggruppamenti di stazioni: stazioni sulla costa Atlantica (Valentia, Belmullet e Malin Head), stazioni sulla costa Sud (Cork, Roches Point) e stazioni nell'entroterra (Shannon, Claremorris e Mullingar).

L'accordo tra questi gruppi é molto buono; inoltre se gli ultimi due gruppi vengono considerati insieme a Dublin come se fossero uno solo, anche in questo caso troviamo un buon accordo. Dublin é considerata rappresentativa della parte non montagnosa della costa sul Mare d'Irlanda ed é stata comparata anche con alcune stazioni del Regno Unito in Tavola 9.3.

	Bel	Val	Mal	Sha	Cla	Roc	Cor	Mul	Dub
Belmullet	6.9	6.8	6.9	5.8	5.6	5.7	5.9	5.8	6.0
Valentia	5.9	5.7	5.8	4.9	4.8	4.9	5.1	4.9	5.2
Malin Head	8.5	8.3	8.2	7.1	6.9	7.2	7.4	7.1	7.4
Shannon	5.9	5.9	6.0	5.0	4.9	4.9	5.2	5.0	5.2
Claremorris	5.3	5.2	5.2	4.4	4.3	4.4	4.5	4.4	4.6
Roches Point	7.7	7.8	7.9	6.7	6.4	6.4	6.9	6.5	6.7
Cork	6.0	5.9	5.9	5.0	4.9	5.0	5.1	5.0	5.3
Mullingar	5.8	5.8	5.8	4.9	4.7	4.8	5.1	4.9	5.1
Dublin	5.9	5.8	5.9	5.0	4.8	4.9	5.1	4.9	5.2

Tabella 9.3. Confronto tra sette stazioni del Regno Unito e una stazione Irlandese. Il primo gruppo include le stazioni situate sulla costa del Mare d'Irlanda: Dublin, Snaefell, Valley e Blackpool.

Le stazioni presentano un buon accordo, persino con Snaeffell se si tiene conto della posizione geografica a 621-m di quota sull'isola di Man. Le stazioni di Manchester, Bala, Lowther Hill e Eskdalemuir rappresentano le condizioni sull'entroterra: le ultime tre sono situate in terreno assai complicato con molte vette. Manchester é ulteriorolmente considerata in Tavola 9.5.

	Dub	Val	Bla	Sna	Bal	Man	Low	Esk
Dublin	5.2	4.9	5.2	6.2	5.2	4.6	5.3	5.5
Valley	7.4	7.0	7.1	8.8	7.5	6.5	7.4	7.8
Blackpool	6.0	5.6	5.7	7.1	6.0	5.2	6.0	6.3
Snaefell	11.6	11.0	12.0	13.8	11.4	10.5	12.0	12.0
Bala	4.1	3.6	3.9	4.8	4.0	3.4	3.9	4.3
Manchester	5.0	4.9	5.0	6.1	5.2	4.5	5.2	5.5
Lowther Hill	10.1	9.4	10.1	11.9	9.9	8.9	10.1	10.5
Eskdalemuir	4.5	4.4	4.5	5.4	4.6	4.1	4.7	4.9

Tabella 9.4. Confronto fra stazioni scozzesi, Regno Unito. Quattro di esse sono stazioni costiere (Benbecula, Duirinish, Dustaffnage e Wick) e due sono situate tra le montagne: Cairngorm a 1065-m di quota e Fort August nella profonda valle di Glen Valley. Duirinish e Dustaffnage sono situate entrambe nella stessa situazione eolica sulla costa Ovest della Scozia e mostrano infatti un buon accordo. La stazione di Wick, situata nell'estremità Nord della Scozia si confronta, in modo ragionevole, con le due stazioni di montagna, mentre Benbecula, sulla costa Ovest delle isole Outer Hebrides) mostra un accordo meno evidente. Le due stazioni di montagna sono state mostrate puramente a scopo esemplificativo, comunque, Fort Augustus é in sorprendente accordo con le stazioni costiere.

	Ben	Dui	Dus	Wic	Cai	For
Benbecula	6.8	5.5	5.7	5.8	6.9	6.8
Duirinish	7.5	6.0	6.2	6.4	7.8	7.4
Dustaffnage	6.1	4.9	5.2	5.3	6.1	5.9
Wick	6.8	5.5	5.8	5.9	6.8	6.6
Cairngorm	9.8	7.8	8.5	8.6	9.9	9.5
Fort Augustus	3.5	3.0	3.0	2.9	3.8	3.4

Tabella 9.5. Confronto fra stazioni del Regno Unito. Sono confrontate nove stazioni del Regno Unito, rappresentanti la parte centrale e il Sud dell’Inghilterra. Le stazioni possono essere raggruppate nel seguente modo: il centro con Manchester, Birmingham e London; la parte Sud Ovest con Burrington, Exeter, Bournemouth e Yeovilton e la parte centro-orientale con Waddington e Coltishall.

Il confronto tra i vari gruppi appare ragionevolmente buono.

	Man	Bir	Wad	Col	Lon	Bou	Yeo	Exe	Bur
Manchester	4.5	4.6	4.9	4.5	4.0	4.1	4.7	4.5	5.1
Birmingham	4.5	4.5	4.8	4.5	4.0	4.0	4.7	4.5	5.2
Waddington	4.6	4.6	5.0	4.6	4.1	4.1	4.8	4.6	5.2
Coltishall	4.6	4.7	5.1	4.7	4.2	4.2	4.9	4.6	5.3
London	4.4	4.5	4.9	4.5	4.0	4.1	4.7	4.4	5.1
Bournemouth	4.7	4.8	5.1	4.7	4.2	4.3	4.9	4.7	5.4
Yeovilton	4.6	4.7	5.1	4.7	4.1	4.2	4.8	4.6	5.1
Exeter	4.5	4.6	4.9	4.6	4.1	4.1	4.8	4.6	5.3
Burrington	5.1	5.1	5.5	5.1	4.5	4.6	5.3	5.1	5.8

Tabella 9.6. Confronto tra stazioni Danesi. Si possono identificare tre gruppi di stazioni: dalla parte centro-occidentale fino alla parte Nord-Ovest dello Jylland con Ålborg e Karup; il resto dello Jylland con Horns Rev Fyrskib, Tirstrup e Skrydstrup; le isole con Beldringe sull'isola di Fyn, Kastrup sullo Sjælland e Rønne su Bornholm. L'accordo fra questi gruppi risulta molto buono persino se si collocano tutte le stazioni in un solo gruppo – come nel caso dell'Atlante per la Danimarca.

	Ålb	Kar	Hor	Tir	Skr	Bel	Vær	Kas	Røn
Ålborg	5.8	6.2	5.4	5.8	5.6	5.4	4.9	5.9	5.3
Karup	5.0	5.3	4.6	4.9	4.8	4.5	4.2	5.0	4.5
Horns Rev Fyrskib	8.4	8.9	7.8	8.3	8.0	7.7	7.2	8.4	7.6
Tirstrup	4.5	4.7	4.2	4.3	4.3	4.0	3.8	4.5	4.2
Skrydstrup	4.8	5.2	4.5	4.8	4.6	4.4	4.1	4.8	4.4
Beldringe	5.5	5.8	5.1	5.4	5.3	4.9	4.6	5.5	4.9
Værløse	5.3	5.6	4.9	5.2	5.1	4.8	4.5	5.3	4.8
Kastrup	6.3	6.6	5.8	6.1	5.9	5.7	5.3	6.3	5.7
Rønne	6.5	7.0	6.0	6.5	6.2	6.1	5.5	6.5	5.8

Tabella 9.7. Confronto fra sei stazioni Tedesche ed una Olandese. Le stazioni di Bremen, Hamburg, Hannover, Braunschweig e Berlin sono rappresentative dell'entroterra della Germania settentrionale; il confronto appare buono. Il confronto tra Düsseldorf ed Eindhoven non dà buoni risultati, probabilmente a causa dell'influenza della valle del fiume Reno sul clima di Düsseldorf.

	Bre	Ham	Han	Bra	Ber	Düs	Ein
Bremen	4.3	4.5	4.3	4.2	4.3	4.0	4.5
Hamburg	4.2	4.3	4.1	4.0	4.1	3.9	4.4
Hannover	4.1	4.3	4.0	4.0	4.1	3.9	4.4
Braunschweig	4.1	4.2	4.0	3.8	4.0	3.7	4.2
Berlin	4.2	4.3	4.2	4.0	4.2	3.9	4.4
Düsseldorf	4.4	4.5	4.3	4.2	4.3	4.1	4.6
Eindhoven	4.3	4.4	4.2	4.1	4.2	3.9	4.4

Tabella 9.8. Confronto fra sei stazioni della Germania centrale ed una della Germania meridionale. Nürnberg, Weissenburg e München mostrano un accordo ragionevole le altre molto meno.

	Nür	Wei	Mün	Hof	Stu	Fra
Nürnberg	2.8	2.9	3.0	3.4	2.4	3.1
Weissenburg	2.6	2.7	2.9	3.3	2.3	3.1
München	3.1	3.3	3.2	3.8	2.6	3.5
Hof-Hohensaas	3.1	3.3	3.3	3.8	2.6	3.5
Stuttgart	3.1	3.1	3.2	3.7	2.6	3.3
Frankfurt	3.0	3.2	3.3	3.8	2.7	3.4

Tabella 9.9. Confronto fra cinque stazioni sulla costa del Mare del Nord ed una nell'entroterra: due stazioni Tedesche sulle due isole di Helgoland e List/Sylt, una sull'isola Olandese di Terschelling, due navifaro Texel e Horns Rev ed infine l'aeroporto di Skrydstrup nello Jylland meridionale, in Danimarca.

Ad eccezione di Terschelling, i confronti sono piuttosto buoni. Si può notare che la stazione di Skrydstrup, la quale presenta un più basso valore medio rispetto le altre, è ben predetta e predice altrettanto bene. La deviazione di Terschelling può anche essere notata dalla Tavola 9.10.

	Hel	Lis	Tex	Hor	Skr	Ter
Helgoland	7.2	7.5	7.1	7.3	7.5	7.7
List/Sylt	6.8	7.0	6.7	6.9	7.0	7.3
Texel Lichtschip	7.7	8.1	7.6	7.8	8.0	8.3
Horns Rev Fyrskib	7.7	8.1	7.6	7.8	8.0	8.3
Skrydstrup	4.4	4.7	4.4	4.5	4.6	4.8
Terschelling	7.1	7.5	6.9	7.2	7.4	7.6

Tabella 9.10. Confronto fra sei stazioni Olandesi. Eccetto che per la stazione situata nell'isola di Terschelling, nel Mare del Nord, le stazioni mostrano un buon accordo. Le stazioni di Schiphol, Leeuwarden e Eelde sono rappresentative delle condizioni caratteristiche della costa del Mare del Nord ed Eindhoven delle condizioni insulari.

	Sch	Ein	Lee	Tex	Eel	Ter
Schiphol	5.0	4.7	5.2	5.1	5.1	5.5
Eindhoven	4.7	4.4	4.9	4.8	4.8	5.2
Leeuwarden	5.0	4.7	5.1	5.0	5.1	5.4
Texel Lichtschip	7.6	7.2	7.9	7.6	7.8	8.3
Eelde	4.4	4.2	4.6	4.5	4.5	4.9
Terschelling	6.9	6.6	7.2	6.9	7.1	7.6

Tabella 9.11. Confronto fra stazioni del Belgio, Olanda e Lussemburgo. Cinque stazioni del Belgio (Middelkerke, Melsbroek, Florennes, Saint Hubert e Spa), l'aeroporto di Findel in Lussemburgo ed Eindhoven in Olanda.

Middelkerke è situata a 1200 dalla costa del Mare del Nord e non concorda bene con le altre stazioni che sono rappresentative delle condizioni dell'entroterra essa è ulteriormente consiterata nella Tavola 9.12. Le altre stazioni si predicono a vicenda ragionevolmente bene.

	Mel	Flo	Sai	Spa	Fin	Ein	Mid
Melsbroek	4.4	4.3	4.3	4.4	4.2	4.5	4.9
Florennes	4.0	3.9	3.9	4.1	3.8	4.1	4.5
Saint Hubert	4.5	4.3	4.3	4.4	4.2	4.6	5.1
Spa	4.1	4.0	4.0	4.2	3.8	4.2	4.6
Findel	4.1	3.9	3.9	4.1	3.7	4.1	4.5
Eindhoven	4.4	4.3	4.2	4.4	4.1	4.4	4.9
Middelkerke	5.2	5.0	5.0	5.2	4.8	5.3	5.8

Tabella 9.12. Confronto fra otto stazioni Francesi ed una Belga. Si possono identificare due gruppi: stazioni costiere (Lorient, Brest, Dinard, Cherbourg e Middelkerke) e stazioni a più di 10 km dalla costa (Evreux, Caen, Abbeville e Cambrai). L'accordo delle stazioni dei due gruppi eccetto Cherbourg e Evreux è da considerare soddisfacente. Evreux è considerata ulteriormente nella Tavola 9.13.

	Lor	Bre	Din	Mid	Che	Evr	Cae	Abb	Cam
Lorient	4.7	4.8	4.5	4.7	5.3	3.8	4.2	4.1	4.2
Brest	4.5	4.6	4.4	4.4	5.0	3.6	4.0	3.9	3.9
Dinard	4.5	4.7	4.4	4.5	5.1	3.7	4.1	4.0	4.1
Middelkerke	5.9	6.0	5.6	5.8	6.5	4.8	5.3	5.1	5.2
Cherbourg	4.8	4.9	4.7	4.6	5.3	3.9	4.2	4.2	4.1
Evreux	5.1	5.2	5.0	5.0	5.6	4.1	4.6	4.4	4.6
Caen	5.3	5.4	5.1	5.2	5.9	4.3	4.7	4.6	4.7
Abbeville	5.4	5.5	5.2	5.3	6.0	4.3	4.8	4.7	4.7
Cambrai	5.4	5.5	5.2	5.3	6.0	4.4	4.8	4.7	4.8

Tabella 9.13. Di seguito è mostrato il confronto fra cinque stazioni in Francia, due in Germania ed una in Lussemburgo. Le stazioni sono rappresentative di un'area che si estende da Nantes a Sud-Ovest fino a Saarbrücken a Nord-Est. Il confronto è buono, la stazione di Toul mostra la deviazione maggiore.

	Nan	Evr	Orl	Rei	Tou	Saa	Fin	Fra
Nantes	3.8	3.8	3.8	3.7	3.5	3.7	3.9	3.4
Evreux	4.1	4.1	4.2	4.0	3.8	4.0	4.2	3.7
Orléans	4.2	4.2	4.2	4.0	3.8	4.1	4.3	3.7
Reims	3.9	3.9	3.9	3.7	3.5	3.8	4.0	3.4
Toul	3.8	3.7	3.8	3.6	3.6	3.8	3.8	3.5
Saarbrücken	3.5	3.5	3.6	3.5	3.3	3.5	3.6	3.2
Findel	3.7	3.7	3.7	3.5	3.4	3.6	3.7	3.3
Frankfurt	3.7	3.8	3.8	3.7	3.4	3.6	3.8	3.4

Tabella 9.14. Confronto fra sette stazioni della Francia centrale e sud-occidentale. Le stazioni di Poitiers, Limoges, Bordeaux, Avord e Toulouse mostrano un ragionevole accordo; Orleans, che é mostrata anche nella Tavola 9.13, e Mont de Marsan non sono rappresentative della regione. Mont de Marsan potrebbe essere rappresentativa della regione, a basso regime di vento, che si trova all'estremitá sud-occidentale vicino ai Monti Pirenei.

	Poi	Lim	Bor	Avo	Tou	Orl	Mon
Poitiers	3.4	3.3	3.5	3.4	3.6	3.9	2.5
Limoges	3.4	3.2	3.4	3.3	3.4	3.8	2.4
Bordeaux	3.2	3.0	3.3	3.2	3.3	3.6	2.3
Avord	3.8	3.7	3.9	3.8	3.9	4.4	2.7
Toulouse	3.4	3.3	3.5	3.4	3.5	3.8	2.4
Orléans	3.7	3.6	3.8	3.7	3.8	4.2	2.7
Mont de Marsan	3.1	3.0	3.2	3.1	3.3	3.5	2.3

Tabella 9.15. Confronto fra quattro stazioni Francesi, nel Massiccio Centrale. Le stazioni di Clermont-Ferrand, Saint Yan e Vichy sono situate nelle adiacenti pianure di Limange, Loire e L'Allier a Nord del Massiccio Centrale; esse mostrano un buon accordo.

	Cle	Vic	Sai	Le
Clermont-Ferrand	2.9	2.8	2.7	2.4
Vichy	2.7	2.6	2.5	2.3
Saint Yan	2.8	2.7	2.6	2.3
Le Puy Chadrac	3.3	3.3	3.2	2.8

Tabella 9.16. Di seguito é mostrato il confronto fra nove stazioni situate sul Massiccio Centrale, la valle del Rodano e la costa Mediterranea.

La maggior parte dei siti sono su terreni ad orografia complessa, il che rende complicato il confronto. In generale le stazioni dovrebbero essere considerate rappresentative solo del sito su cui si trovano e delle immediate vicinanze aventi simili caratteristiche orografiche.

	Car	Per	Gou	Aur	Mil	Ist	Nîm	Sai	Lyo
Carcassonne	5.0	5.0	3.2	2.5	4.0	4.8	4.1	2.8	3.1
Perpignan	5.4	5.1	3.4	2.6	4.1	5.0	4.2	2.9	3.3
Gourdon	4.4	4.2	2.8	2.2	3.4	4.1	3.5	2.4	2.7
Aurillac	5.4	4.9	3.4	2.6	4.0	4.7	4.0	2.9	3.2
Millau	7.0	7.2	4.7	3.7	5.4	6.7	5.7	4.0	4.5
Istres	6.1	5.9	3.9	3.0	4.6	5.6	4.7	3.3	3.8
Nîmes	5.6	5.3	3.6	2.8	4.3	5.2	4.4	3.2	3.5
Saint Etienne	4.8	4.8	3.1	2.4	3.6	4.4	3.7	2.7	3.0
Lyon	4.8	4.7	3.2	2.5	4.0	4.9	4.2	2.8	3.2

Tabella 9.17. Confronto tra due stazioni della Spagna settentrionale. La stazione situata a Gerona presenta molti ostacoli, il che rende difficile il confronto.

	Ger	Bar
Gerona	2.3	2.8
Barcelona	2.7	3.4

Tabella 9.18. Confronto fra tre stazioni sulla costa orientale della Spagna. Le due stazioni di Murcia ed Alicante mostrano un accordo soddisfacente se consideriamo la diversa conformazione orografica del terreno su cui sono situate. Valencia é distante dalle altre due piú di cento chilometri verso Nord ed é separata da esse da una vasta area montagnosa.

	Val	Ali	Mur
Valencia	3.3	4.0	4.9
Alicante	3.2	3.9	5.0
Murcia	2.9	3.6	4.4

Tabella 9.19. Confronto fra tre stazioni della Spagna meridionale. Le due stazioni di Málaga ed Almería sono situate entrambi sulla costa ma sono a distanza di 200 km. Granada é situata approssimativamente a 50 km nell'entroterra dietro la catena di montagne della Sierra Nevada.

	Mál	Gra	Alm
Málaga	3.7	2.1	3.6
Granada	4.2	2.3	3.9
Almería	3.9	2.3	3.8

Tabella 9.20. Confronto fra due stazioni del Portogallo e una stazione situata nella parte sud-occidentale della Spagna. Le due stazioni Portoghesi sono sulla costa e Sevilla in Spagna é circa a 50 km nell'entroterra a piú di 200 km di distanza dalle altre due. A dispetto di questa diversità, le tre stazioni mostrano un buon accordo.

	Sev	Far	Sag
Sevilla	3.0	3.3	3.6
Faro	3.3	3.6	3.8
Sagres	5.4	5.9	5.5

Tabella 9.21. Confronto fra tre stazioni della Spagna Nord-occidentale. Le stazioni sono situate in regioni ad orografia complessa e non mostrano un buon accordo.

	Cor	San	Avi
La Coruña	4.2	3.7	2.4
Santiago de Compostela	4.7	3.8	2.4
Avilés	5.4	4.2	2.8

Tabella 9.22. Confronto fra sei stazioni nelle Isole Canarie, in Spagna. Le stazioni sono separate da 100 o piú chilometri. Anche se le stazioni sono situate nel regime di elevata ventosità degli alisei provenienti da NE, le alte montagne vulcaniche influenzano fortemente il flusso. Per questo motivo é difficile un confronto reciproco. Si noti che i dati non sono stati corretti dagli effetti topografici dovuti alle alte montagne.

	Pal	Lan	Fue	TRS	Hie	TLR
Las Palmas	7.3	6.1	5.4	6.3	5.4	8.1
Lanzarote	7.2	6.1	5.4	6.4	5.5	8.1
Fuerteventura	8.5	7.1	6.2	6.9	6.5	9.2
Tenerife (R.Sofía)	6.8	5.8	5.1	5.6	5.0	7.3
El Hierro	10.1	8.3	7.2	7.8	7.6	10.5
Tenerife (Los Rodeos)	5.9	5.2	4.5	4.7	4.5	6.2

Tabella 9.23. Confronto tra due stazioni delle Isole Azzorre, Portogallo. Le stazioni sono separate da circa 600 km.

	Flo	San
Flores	4.7	4.3
Santa Maria	6.7	5.8

Tabella 9.24. Confronto tra due stazioni sulle isole di Madeira e Porto Santo, in Portogallo. Le condizioni di vento nelle stazioni di Funchal a Madeira, sono influenzate da montagne; questi effetti non sono stati corretti per cui è difficile un confronto tra le due stazioni.

	Fun	Por
Funchal	5.0	4.1
Porto Santo	5.3	4.6

Tabella 9.25. Confronto fra cinque stazioni del Portogallo. Le due stazioni di Faro e Sagres, sulla costa Sud, mostrano un buon accordo. Le altre stazioni sono separate da catene di montagne e da lunghe distanze.

	Far	Sag	Sin	Lis	Cab
Faro	3.6	3.8	3.0	4.2	2.9
Sagres	5.9	5.5	4.5	6.2	4.4
Sines	5.2	6.2	4.5	6.8	4.6
Lisboa	3.6	4.0	3.0	4.3	3.0
Cabo Carvoeiro	5.9	7.0	5.1	7.4	4.8

Tabella 9.26. Confronto di tre stazioni dell'Italia meridionale. Le stazioni mostrano un buon accordo ed i dati sono rappresentativi per tutta la regione in cui il terreno é relativamente pianeggiante.

	Gio	Bri	Lec
Gioia del Colle	3.6	4.0	3.8
Brindisi	4.2	4.6	4.4
Lecce Galatina	3.5	3.9	3.7

Tabella 9.27. Confronto fra due stazione dell'Italia centrale. Le stazioni mostrano un buon accordo ma l'area ha un basso regime di vento.

	Pis	Gro
Pisa	2.2	2.3
Grosseto	2.2	2.3

Tabella 9.28. Confronto fra sei stazioni in Sardegna, Italia. Di seguito sono mostrati tre raggruppamenti: tre stazioni nella parte nord della valle del Campidano (Monte Arci, Santa Anna e Cirras), due stazioni al Sud (Cagliari e Santa Gilla), e Santa Caterina a Sud-Est.

Nel primo gruppo c'è un buon accordo solo tra Monte Arci e Cirras, Santa Anna mostra una consistente discordanza. Le due stazioni del secondo gruppo, situate a cinque chilometri di distanza tra loro, sono in buon accordo.

	Mon	Ann	Cir	Cag	Gil	Cat
Monte Arci	5.8	4.8	6.2	7.0	7.2	6.3
Santa Anna	4.4	3.7	4.7	5.4	5.6	4.8
Cirras	4.8	3.9	5.1	5.7	5.8	5.1
Cagliari	3.5	2.9	3.6	4.2	4.3	3.7
San Gilla	4.3	3.5	4.7	5.3	5.6	4.7
Santa Caterina	4.8	4.0	5.0	5.9	6.0	5.3

Tabella 9.29. Confronto fra due stazioni della Grecia orientale. Le due stazioni sono situate in due località completamente differenti dal punto di vista topografico e quindi non presentano accordo.

	Ara	Ker
Araxos	3.7	2.0
Kerkyra	4.1	2.6

Tabella 9.30. Confronto fra sette stazioni della Grecia situate lungo le coste del mare Egeo. Le stazioni si trovano in un'area molto vasta ad orografia molto complessa per cui é molto difficile un reciproco confronto.

	Nax	Lim	Rod	Her	Myt	Ath	The
Naxos	7.0	4.5	5.8	5.6	5.5	4.7	4.3
Limnos (APT)	6.4	5.4	5.4	5.2	5.1	4.8	4.1
Rodos	5.9	4.8	4.8	4.5	4.4	4.2	3.7
Heraklion	6.0	5.5	4.9	4.7	4.6	4.5	3.9
Mytilini	6.8	5.5	4.4	5.0	4.8	4.8	4.1
Athina	5.4	4.6	5.1	4.7	4.6	4.0	3.6
Thessaloniki	5.1	4.2	5.0	4.5	4.2	3.8	3.5

9.2 Validazione per alcune torri meteorologiche

Poiché le misure sinottiche di vento sono prese ad altezze molto basse, il confronto reciproco tra le statistiche di stazioni meteorologiche, presentato nei precedenti paragrafi, non da un valido test delle simulazioni del modello per altezze superiori a poche decine di metri. Per illustrare l'abilità del modello a riprodurre le variazioni dei parametri di Weibull a quote maggiori, sono mostrati di seguito i dati di sei torri di misura funzionanti in Europa. Per ogni torre, i dati dei livelli più bassi sono stati usati per simulare le distribuzioni di frequenza ai livelli più alti. Nelle seguenti tavole sono elencati i parametri di Weibull e la densità di potenza del vento per ogni stazione, sia per le distribuzioni di vento misurate che simulate.

Per le torri di Ferrel, Kivenlahti, Näsudden, Risø e Sprogø sono state preparate descrizioni accurate della rugosità del terreno attorno ad esse. Per la torre di Cabauw erano reperibili solo le distribuzioni totali di frequenza indipendenti dalla direzione per cui sono state fatte due simulazioni con due diverse rugosità del terreno, come indicato nella seguente tavola.

Tabella 9.31. Torre di Cabauw, Olanda. I dati, sotto forma di distribuzione totale di frequenza, coprono un periodo di un anno 1978–1979. La torre è situata nell'entroterra su un territorio rurale che, a larga scala, appare piuttosto aperto. Alberi e cinture di ostacoli influenzano localmente il flusso. I risultati sono presentati per due diverse rugosità medie di cui la più alta è quella più realistica.

Altezza z	Misurati			Simulati					
	A	k	E	$z_0 = 5\text{cm}$			$z_0 = 15\text{cm}$		
				A	k	E	A	k	E
10 m	4.7	1.79	97	4.7	1.79	98	4.7	1.78	98
40 m	6.5	2.09	218	6.6	1.99	235	6.4	2.06	204
80 m	8.0	2.52	343	7.8	2.19	352	7.5	2.25	312
120 m	9.0	2.47	487	8.6	2.23	473	8.4	2.27	435
200 m	9.9	2.28	698	9.9	2.18	727	9.9	2.21	709

Tabella 9.32. Torre di Ferrel, Portogallo. I dati coprono un periodo di due anni 1977-1978. La torre è a 10 km dalla costa a NE di Capo Carvoeiro, a 3.5 km dal villaggio di Ferrel e dista 300 m dalla costa in direzione NE. A SE il terreno è ondulato e coperto da vegetazione. Vicino alla torre, il terreno consiste di dune di sabbia.

Altezza z	Misurati			Simulati		
	A	k	E	A	k	E
10 m	5.8	1.83	171	5.8	1.83	171
30 m	7.2	2.09	289	7.0	1.94	286
100 m	8.6	2.33	450	8.4	2.04	467

Tabella 9.33. Torre di Kivenlahti, Finlandia. I dati coprono gli anni 1978-79. La torre è situata in una foresta, la cima degli alberi raggiunge 15–20 m. Attorno ad essa, l'area libera da alberi è larga solo alcune decine di metri. Per la simulazione è stata considerata una lunghezza di spostamento di 10 m ed una rugosità del terreno di 70 cm.

Altezza z	Misurati			Simulati		
	A	k	E	A	k	E
21 m	3.3	1.56	40	3.4	1.59	44
92 m	6.2	2.09	185	6.3	1.86	218
224 m	8.4	2.02	476	8.0	1.93	438

Tabella 9.34. Torre di Näsudden, Svezia. I dati coprono gli anni 1980-1985. La torre è situata sulla piccola penisola di Näsudden sull'isola di Gotland. La distanza dal Mar Baltico è poco più di un chilometro in direzione da sud a sud-ovest. Attorno alla torre la vegetazione consiste di cespugli bassi ma densi ed alcuni alberi sparsi. Ad una certa distanza il terreno è collinare e boscoso.

Altezza <i>z</i>	Misurati				Simulati			
	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>
10 m	5.1	5.8	1.99	157	5.1	5.7	1.96	154
38 m	7.0	7.8	2.02	381	7.0	7.9	2.10	385
54 m	7.5	8.4	2.10	465	7.7	8.6	2.13	493
75 m	8.0	9.0	2.10	555	8.1	9.1	2.13	585
96 m	8.4	9.5	2.12	647	8.4	9.5	2.12	654
120 m	8.6	9.7	2.13	692	8.8	9.9	2.10	750
145 m	9.1	10.3	2.15	818	9.1	10.3	2.08	845

Tabella 9.35. Torre di Risø, Danimarca. Per questa torre sono reperibili dati dal 1957 ad oggi. Per il presente studio sono stati usati solo i dati relativi a 10 anni, dal 1976 al 1986, a causa di cambiamenti sia nei sistemi di acquisizione dati che delle altezze di misura. Il terreno circostante è piuttosto inhomogeneo con il fiord di Roskilde ad O e terreno agricolo piuttosto aperto ad E.

Altezza <i>z</i>	Misurati			Simulati		
	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>
11 m	5.4	1.87	135	5.3	1.87	134
27 m	6.7	1.99	249	6.7	1.96	254
43 m	7.5	2.05	332	7.3	2.11	302
76 m	8.3	2.20	428	8.2	2.25	403
117 m	9.1	2.30	536	9.1	2.29	535

Tabella 9.36. Torre di Sprogø, Danimarca. I dati coprono quattro anni (1983-88). La torre è situata sulla piccola isola di Sprogø nel mezzo dello Storebælt. La torre è su una lunga e stretta lingua di terra, larga solo 50 m e lunga 300 m ad est dell'isola. Eccetto che per i settori 240°-270° la torre è circondata dal mare per diversi chilometri. La distanza dalle isole di Fyn ad Ovest e Sjælland ad Est è di circa 10 km.

Altezza <i>z</i>	Misurati			Simulati		
	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>
8 m	7.1	2.02	289	7.0	2.01	282
18 m	7.6	2.07	342	7.8	2.14	357
55 m	8.9	2.26	513	8.9	2.33	499
68 m	9.2	2.31	547	9.2	2.31	555

Capitolo 10

Bibliografia

10.1 Pubblicazioni citate nel volume

- Beljaars, A.C.M, J.L. Walmsley and P.A. Taylor (1987). A mixed spectral finite-difference model for neutrally stratified boundary-layer flow over roughness changes and topography. *Boundary-Layer Meteorol.* **38**, 273–303.
- Betz, A. (1920). Das Maximum der theoretisch möglichen Ausnützung des Windes durch Windmotoren. *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen* **26**.
- Businger, J. (1973). Turbulent transfer in the atmospheric surface layer. In: Workshop on Micrometeorology. Ed. by D.A. Haugen. American Meteor. Soc., Boston, Mass. 67–100.
- Børresen, J.A. (1987). Wind atlas for the North Sea and the Norwegian Sea. Norwegian University Press and Norwegian Meteorological Institute, Oslo. 183 pp.
- Charnock, H. (1955). Wind stress on a water surface. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **81**, 639–640.
- Christensen, C.J. and J.B. Dragt (editors). Accuracy of power curve measurements. Risø-M-2632. Risø National Laboratory, Denmark, 1986. 80 pp.
- Clarke, R.H. and G.D. Hess (1974). Geostrophic departure and the functions A and B of Rossby-number similarity theory. *Boundary-Layer Meteorol.* **7**, 267–287.
- Courtney, M. S. (1988). An atmospheric turbulence data set for wind turbine research. Wind Energy Conversions 1988. Proc. of the 10th British Wind Energy Association Conference, London 22–24 March. Mechanical Engineering Publications, London, 89–94.

- Dyer, A.J. (1974). A review of flux-profile relationships. *Boundary-Layer Meteorol.* **7**, 363–372.
- Elliot D.L., C.G. Holladay, W.R. Barchet, H.P. Foote and W.F. Sandusky (1986). Wind energy resource atlas of the United States. Solar Technical Information Program, Solar Energy Research Institute, Golden, Colorado. 210 pp.
- Frandsen, S. (1987). On uncertainties in power performance measurements. Sixth ASME Wind Energy Symposium, Dallas, February 15–18, 1987. 157–169.
- Frandsen, S., A.R. Trenka and B. Maribo Pedersen (editors). Expert group study on recommended practices for wind turbine testing and evaluation, 1. Power performance testing. International Energy Agency. 1. edition, 1982. 16 pp.
- Gumbel, E. J. (1958). Statistics of extremes. Columbia University Press, New York. 375 pp.
- Huschke, R.E. (editor). Glossary of meteorology. American Meteorological Society, Boston, Massachusetts. 1959. 638 pp.
- Jackson, P.S. and J.C.R. Hunt (1975). Turbulent wind flow over a low hill. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* **101**, 929–955.
- Jensen, N.O, E.L. Petersen and I. Troen (1984). Extrapolation of mean wind statistics with special regard to wind energy applications. World Meteorological Organization, WCP-86. 85 pp.
- Lamb, H.H. (1972). Climate: present, past and future. Vol. 1: Fundamentals and climate now. Methuen & Co Ltd, London. 613 pp.
- Landsberg, H.E. and C.C. Wallén (editors). World survey of climatology. Vol. **5** (1970): Climates of northern and western Europe. 253 pp. Vol. **6** (1977): Climates of central and southern Europe. 248 pp. Elsevier, Amsterdam.
- Larsen S.E., L. Kristensen and K. Frydendahl (1988). Impact of climate variability on wind and solar energy production, on heating consumption and on atmospheric dispersion of pollutants. Risø-R-558. Risø National Laboratory, Denmark. 80 pp.
- Lettau, H. (1969). Note on aerodynamic roughness-parameter estimation on the basis of roughness-element distribution. *J. Appl. Met.* **8**, 828–832.
- Mason, P.J. and J.C. King (1985). Measurements and predictions of flow and turbulence over an isolated hill of moderate slope. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **111**, 617–640.
- Meteorological Office (1979). Upper-air summaries 1961–70. Part 1 – Stornoway. Met. O. 910a. 125 pp.

- Oberhettinger, F. (1973). Fourier expansions. A collection of formulas. Academic Press, New York and London. 64 pp.
- Panofsky, H.A. (1973). Tower micrometeorology. In: Workshop on micrometeorology. Ed. D.A. Haugen, American Meteorological Society, Boston, Mass., 151–176.
- Perera, M.D. (1981). Shelter behind two-dimensional solid and porous fences. *J. Wind Engin. and Industrial Aerodyn.* **8**, 93–104.
- Petersen, E.L. (1986). Modelling of site-specific time series of the wind speed. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 225–230.
- Petersen, E.L., I. Troen, S. Frandsen and K. Hedegaard (1981). Windatlas for Denmark. A rational method for wind energy siting. Risø-R-428. Risø National Laboratory, Denmark. 229 pp.
- Petersen, E.L., I. Troen and J. Wieringa (1984). Development of a method for wind climate analysis for non-mountainous terrain in Europe. Proceedings of the European Wind Energy Conference, Hamburg, October 22–26, 1984, 6–12.
- Petersen, E.L. and I. Troen (1986). The European wind atlas. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 191–200.
- Planstyrelsen (1981). Store vindmøller i Danmark. Bind 1-2 (in Danish). Planstyrelsen, Miljøministeriet, København, Denmark.
- Rao, K.S., J.C. Wyngaard and D.R. Côté (1974). The structure of the two-dimensional internal boundary layer over a sudden change of surface roughness. *J. Atmos. Sci.* **26**, 432–440.
- Rossby C.-G. and R.B. Montgomery (1935). The layer of frictional influence in wind and ocean currents. *Papers in Phys. Oceanogr. Meteor.*, MIT and Woods Hole Oceanogr. Inst., III no. 3. 101 pp.
- Rutkis, J. (1971). Tables on relative relief in middle and western Europe. University of Uppsala, Department of Physical Geography, UNGI Rapport 9. 21 pp.
- Sacré, C. (1987). European wind atlas – estimation of the wind speed perturbation over some mountainous regions. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes, EN-CLI 87–13. 417 pp.
- Salmon J.R., A.J. Bowen, A.M. Hoff, R. Johnson, R.E. Mickle, P.A. Taylor, G. Tetzlaff and J.L. Walmsley (1987). The Askervein Hill Project: Mean wind variations at fixed height above ground. *Boundary-Layer Meteorol.* **43**, 247–271.

- Sempreviva, A.M., S.E. Larsen, N.G. Mortensen and I. Troen (1990). Response of neutral boundary layers to changes of roughness. *Boundary-Layer Meteorology* **50**: 205–225.
- Taylor, P.A. and H.W. Teunissen (1987). The Askervein Hill Project: Overview and background data. *Boundary-Layer Meteorol.* **39**, 15–39.
- Taylor, P.A., J.L. Walmsley and J.R. Salmon (1983). A simple model of neutrally stratified boundary-layer flow over real terrain incorporating wavenumber-dependent scaling. *Boundary-Layer Meteorol.* **26**, 169–189.
- Troen, I. and A.F. de Baas (1986). A spectral diagnostic model for wind flow simulation in complex terrain. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 243–249.
- Walmsley, J.L., J.R. Salmon and P.A. Taylor (1982). On the application of a model of boundary-layer flow over low hills to real terrain. *Boundary-Layer Meteorol.* **23**, 17–46.
- Wegley H.L., J.V. Ramsdell, M.M. Orgill, R.L. Drake (1980). A siting handbook for small wind energy conversion systems. PNL–2521, Rev 1. Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington. 55 pp.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *J. Appl. Mech.* **18**, 293–297.
- William-Olsson, W. (1974). A map of the relative relief of the western half of Europe, 1:4 000 000. Esselte Map Service, Stockholm.

10.2 Studi Europei sulla climatologia del vento¹

In ogni nazione Europea esiste un buon numero di pubblicazioni in climatologia: esse sono per la maggior parte in lingua originale. Da queste fonti si possono attingere informazioni sulle differenti variabili climatiche, per esempio temperatura, precipitazioni e radiazione solare. Sfortunatamente spesso la climatologia del vento viene omessa o sommariamente trattata con presentazione di rose dei venti oppure medie mensili della velocità del vento; nonostante tutto, queste pubblicazioni possono fornire informazioni supplementari all'Atlante del Vento. Nella lista di pubblicazioni selezionate, presentata di seguito, si possono trovare alcuni dati di vento non inclusi nel presente Atlante, come le statistiche sui venti estremi. La prima lista è ordinata per argomenti e vi si può trovare una breve bibliografia suddivisa per nazione. Nella seconda lista sono elencate, in ordine alfabetico, le pubblicazioni per ogni nazione.

¹Compilata da J. Wieringa, Royal Netherlands Meteorological Institute.

Bibliografia della climatologia del vento per argomento e nazione

Medie di venti sulla superficie

Belgio:	Malet (1978)
Danimarca:	Larsen and Jensen (1983)
Francia:	Duchêne-Marullaz (1977)
Germania (FRG):	Christoffer and Ulbricht-Eissing (1989)
Gran Bretagna:	Caton (1976)
Grecia:	Carapiperis (1970), Metaxas (1973), Lalas et al. (1983)
Irlanda:	Rohan (1986)
Italia:	Lavagnini et al. (1982, 1983, 1985)
Olanda:	Wieringa and Rijkoort (1983), Wieringa (1986)
Altre nazioni Europee:	Landsberg and Wallén (1970, 1977)

Distribuzione di frequenza del vento sulla superficie

Le distribuzioni che sono classificate in modo più grossolano delle 12 classi Beaufort non sono state qui elencate. Sono state invece elencate tutte le pubblicazioni sui parametri di Weibull.

Belgio:	Bodeux (1977), Malet (1978)
Danimarca:	Frydendahl (1971), Petersen et al. (1981)
Francia:	Duchêne-Marullaz (1977) Chémery and Duchêne-Marullaz (1987)
Germania (FRG):	Christoffer and Ulbricht-Eissing (1989)
Gran Bretagna:	Shellard (1968)
Grecia:	Galanis (1977), Lalas et al. (1983)
Irlanda:	Butler and Farley (1973), Rohan (1986)
Italia:	Lavagnini et al. (1982, 1983, 1985)
Olanda:	Wieringa and Rijkoort (1983)

Altre statistiche su venti superficiali

Danimarca:	Frydendahl (1971), Larsen and Jensen (1983)
Francia:	Chémery and Duchêne-Marullaz (1987)
Germania (FRG):	Christoffer and Ulbricht-Eissing (1989)
Gran Bretagna:	Cook (1985)
Italia:	Lavagnini and Martorelli (1987)
Olanda:	Wieringa and Rijkoort (1983)

Statistiche del vento in quota

Belgio:	Van der Auwera et al. (1980)
Danimarca:	Petersen et al. (1981), Larsen and Jensen (1983)
Francia:	Dettwiller (1969)
Germania (FRG):	Frankenberger (1968), Fiedler (1970) Manier and Benesch (1977), Tetzlaff et al. (1984) Christoffer and Ulbricht-Eissing (1989) Wieringa (1989)
Olanda:	Wieringa (1988, 1989)

Venti estremi, tornadi etc.

Belgio:	Sneyers and Van Diepenbeeck (1982)
Danimarca:	Jensen and Franck (1970)
Francia:	Chémery and Duchêne-Marullaz (1987)
Germania (FRG):	Schmidt (1980), Schroers and Lösslein (1983) Böllmann and Jurksch (1984), Duensing et al. (1985)
Gran Bretagna:	Hardman et al. (1973), Meaden (1976), Cook (1985) Cook and Prior (1987)
Irlanda:	Logue (1975), Rohan (1986)
Italia:	Palmieri and Pulcini (1979), Gaudiosi et al. (1985)
Olanda:	Rijkoort (1983), Wieringa and Rijkoort (1983) Wieringa (1986)
Altre nazioni Europee:	Ferry Borges and Castanheta (1973), Berz (1980)

Studi selezionati su dati locali di vento

Francia	Bordreuil et al. (1973), Orieux and Pouget (1984) Delaunay (1984), Delaunay and Sacré (1985) Ascensio (1985)
Germania (FRG):	Franken (1962), Cappel and Kalb (1976) Kalb and Schmidt (1977), Schäfer (1982), Lefebvre et al. (1983) Bätjer and Heinemann (1983), Höschele and Kalb (1988)
Gran Bretagna:	Smith (1982)
Grecia:	Livadas and Sahsamanogolou (1973), Lalas (1985) Katsoulis and Kambezidis (1986), Dikaiakos (1986)
Irlanda:	DHI (1976)
Italia:	Bassani et al. (1986), D'Alessandro et al. (1981) Flocchini et al. (1983), Fantuzi (1987)
Olanda:	Van der Hoeven (1975) Van der Hoeven and Van Vliet (1986), Oemraw (1982–1986)
Portogallo:	Mendes and Coelho (1987)
Spagna	Adell et al. (1985, 1987), Catalunya (1985)

Rassegna di informazioni

Francia: Desroziers and Vivier (1985)
Germania (FRG) Kant (1980)
Gran Bretagna: Collingbourne (1978)
Olanda: Wieringa (1983)
Altre nazioni Europee: Landsberg and Wallén (1970, 1977)

Pubblicazioni elencate per nazione**Belgio**

- Bodeux, A. (1977). La vitesse et la direction du vent en Belgique; de windsnelheid en windrichting in België. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 42.
- Malet, L.M. (1978). Elements d'appréciation de l'énergie éolienne en Belgique. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 95.
- Sneyers, R. and M. Van Diepenbeeck (1982). L'orientation des pointes maximales du vent en Belgique. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 114.
- Van der Auwera, L., F. De Meyer and L.M. Malet (1980). The use of the Weibull three-parameter model for estimating mean wind power densities. *J. Appl. Met.* **19**, 819–825.

Danimarca

- Frydendahl, K. (1971). The climate of Denmark I: Wind standard normals 1931–1960. Clim. Pap. 1, Danish Meteor. Inst., Copenhagen.
- Jensen, M. and N. Franck (1970). The climate of strong winds in Denmark. Danish Techn. Press, Copenhagen.
- Larsen, S.E. and N.O. Jensen (1983). Summary and interpretation of some Danish climate statistics. Risø-R-399. Risø National Laboratory, Denmark. 76 pp.
- Petersen, E.L., I. Troen, S. Frandsen and K. Hedegaard (1981). Windatlas for Denmark. A rational method for wind energy siting. Risø-R-428. Risø National Laboratory, Denmark. 229 pp.

Francia

- Ascensio, N. et al. (1985–). Eléments climatologiques concernant les côtes de la France métropolitaine. 8 volumes. Météo. Nation. Données et Statistiques 8.

- Bordreuil, C., A. Barbia and P. Conte (1973). Vents de nord-ouest et "mistral" à Marseille de 1882 à 1970. Monogr. Météo. Nation. 88.
- Chémery, L. and P. Duchêne-Marullaz (1987). Atlas climatique de la construction. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. 182 pp.
- Delaunay, D. (1984). Cartographie régionale de l'énergie éolienne – application à la Bretagne. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 84–20.
- Delaunay, D. and C. Sacré (1985). Cartographie du potentiel éolien en zone montagneuse – application à la Corse. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 85–2.
- Desroziers, M. and J.F. Vivier (1985). Catalogue des données météo pour la France disponibles sur fichier informatisé. Météo. Nation. Mes & Obs. No 9.
- Dettwiller, J. (1969). Le vent au sommet de la Tour Eiffel. Monogr. 64, Météorologie Nationale, Boulogne-Billancourt.
- Duchêne-Marullaz, P. (1977). Distributions statistiques et cartographie des vitesses moyennes de vent en France; applications à l'énergie éolienne. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 77–1.
- Orieux, A. and E. Pouget (1984). Le mistral. Monogr. Météo. Nation. 5.

Germania (FRG)

- Böllmann, G. and G. Jurksch (1984). Ein Beitrag zur Festlegung der Grundwind- und Nennböengeschwindigkeit im Binnenland der Bundesrepublik Deutschland für die DIN-Norm 1055, Teil 4. *Meteor. Rundschau* 37, 1–10.
- Christoffer, J. and M. Ulbricht-Eissing (1989). Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, Ber. D. Wetterd. 147.
- Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland
- Hamburg (Cappel, A. and M. Kalb (1976). Ber. D. Wetterd. 141)
 - Hannover (Kalb, M. and H. Schmidt (1977). Ber. D. Wetterd. 143)
 - München (Schäfer, P.J. (1982). Ber. D. Wetterd. 159)
 - Bremen (Bätjer, D. and H.J. Heinemann (1983). Ber. D. Wetterd. 164)
 - Karlsruhe (Höschele, K. and M. Kalb (1988). Ber. D. Wetterd. 174)
- Duensing, G., O. Höfllich, L. Kaufeld, H. Schmidt, G. Olbrück and B. Brandt (1985). Meteorologische Untersuchungen über Stürme an der deutschen Nordseeküste. Seewetteramt D. Wetterd. 108.
- Fiedler, F. (1970). Klimawerte zur Temperatur- und Windschichtung in den untersten 50 m der Atmosphäre. *Meteor. Inst. Univ. München Wiss. Mitt.* 18.

- Franken, E. (1962). Über den Geländeeinfluss auf Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Raum Hamburg. Seewetteramt D. Wetterd. 34.
- Frankenberger, E. (1968). Untersuchungen über Intensität, Häufigkeit und Struktur von Starkwinden über Quickborn in Holstein. *Meteor. Rundschau* 21, 65–69.
- Kant, V. (1980). Die räumliche Verteilung der Beobachtungsstationen in der Bundesrepublik Deutschland, ihre Nichtbesetzung während der Nacht sowie an Sonn- und Feiertagen, und die resultierende Problematik. *Ann. Meteor.* 16, 169–170.
- Lefebvre, C., G. Jurksch, H. Schmidt, B. Morgeneyer and M. Ulbricht-Eissing (1983). Die Verhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland in Hinblick auf die Nützung der Windkraft (insbesondere Verbundnetzplanung). Ber. D. Wetterd. 165.
- Manier, G. and W. Benesch (1977). Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit bis 250 m Höhe für die Bundesrepublik Deutschland. *Meteor. Rundschau* 30, 144–152.
- Schmidt, H. (1980). Zur Extrapolation empirische Verteilungen der Windgeschwindigkeit für Standorte in Flachland und auf freier See. *Meteor. Rundschau* 33, 129–137.
- Schroers, H. and H. Lösslein (1983). Extremwertextrapolation und Windprofile bei Starkwind und Sturm. *Meteor. Rundschau* 36, 205–213
- Tetzlaff, G., S. Theunert, A. Hoff, H. Laude, H.J. Belitz and R. Beyer (1984). Meteorologische Messungen zur Standortwahl für Windenergieanlagen im Küstengebiet. B. Min. Forsch. Tech. FB-T 84–017.

Gran Bretagna

- Caton, P.G.F. (1976). Maps of hourly wind speed over the United Kingdom 1965–1973. Met. Off. Clim. Memo 79.
- Collingbourne, R.H. (1978). Wind data available in the Meteorological Office. *J. Industr. Aerodyn.* 3, 145–155.
- Cook, N.J. (1985a). The assessment of design wind speed data: manual worksheets with ready-reckoner tables. Rep. Build. Res. Est., Garston, Watford. ISBN 0 85 125 1765.
- Cook, N.J. (1985b). The designer's guide to wind loading of building structures. Part 1: Background, damage survey, wind data and structural classification. Rep. Build. Res. Est., Garston, Watford. Butterworths, U.K.

Cook, N.J. and M.J. Prior (1987). Extreme wind climate of the United Kingdom. *J. Wind Engin. Industrial Aerodyn.* **26**, 371–389.

Hardman, C.E., N.C. Helliwell and J.S. Hopkins (1973). Extreme wind speed over the United Kingdom for periods ending 1971. Met. Off. Clim. Memo 50A.

Meaden, G.T. (1976). Tornadoes in Britain: their intensities and distribution in space and time. *J. Meteor.* **1**, 242–251.

Shellard, H.C. (1968). Tables of surface wind speed and direction over the United Kingdom for 1950–1959. HMSO Met. Off. 792.

Smith, S.G. (1982). An index of windiness for the United Kingdom. *Meteor. Mag.* **111**, 232–247.

Grecia

Carapiperis, L.N. (1970). Geographical distribution of intensity of Etesian winds in the Aegean sea. Hupom. Ethn. Asterosc. Athin. II–22.

Dikaiakos, J.G. (1986). The law of evolution of wind speed over central Athens during the period 1908–1981. *J. Meteor.* **11**, 113–116.

Galanis, N. (1977). The production of electricity from the wind: a preliminary feasibility study for Greece. *Wind Engin.* **1**, 241–249.

Katsoulis, B.D. and H.F.D. Kambezidis (1986). Surface winds and horizontal meso-scale wind spectra in Athens, Greece. *Il Nuovo Cimento* **9 C**, 1093–1109.

Lalas, D.P., H. Tselepidaki and G. Theoharatos (1983). An analysis of wind power potential in Greece. *Solar Energy* **30**, 497–505.

Lalas, D.P. (1985). Wind energy estimation and siting in complex terrain. *Internat. J. Solar Energy* **3**, 43–71.

Livadas, G.C. and C.S. Sahsamanogolou (1973). Wind in Thessaloniki, Greece. Publ. Meteor. Inst. Univ. Thessaloniki 35.

Metaxas, D.A. (1973). Air-sea-interaction in the Greek seas and resulting Etesian wind characteristics. Univ. Ioannina Dept. Phys. Math. 5.

Irlanda

Butler P. and B.C. Farley (1973). Surface wind over Ireland 1961–1970. Meteor. Serv. Dublin Clim. Note 2.

Deutsche Hydrograph. Institut (1976). Handbuch für Bristol Channel und die Süd- und Westküste Irlands. Klima und Wetter, Teil B, (Naturverhältnisse), 47–75.

Logue, J.J. (1975). Extreme wind speeds in Ireland for periods ending in 1974. *Meteor. Serv. Dublin Techn. Note* 41.

Rohan, P.K. (1986). The climate of Ireland (2nd edition). Stationery Office, Dublin.

Italia

Bassani, S., G. Botta and R. Castagna (1986). Risultati acquisiti nella gestione della rete anemometrica attivata nell'ambito del progetto Vele. *ENEL Rassegna Tecnica di Problemi dell'Energia Elettrica* 3-4, 38-67.

D'Alessandro, L., L. Davoli and A. Giallombardo (1981). Regime anemometrico del litorale tirrenico della Calabria. *Riv. Meteor. Aeron.* 41, 137-151.

Fantuzi, A. (1987). L'energia eolica nelle Marche. *Riv. Meteor. Aeron.* 47, 17-26.

Flocchini, G., V. Pasquale and V. Sciarrone (1983). Wind energy conversion over the Ligurian Apennines. *Arch. Meteor. Geoph. Biokl. B* 32, 253-261.

Gaudiosi, G., D. Montani and L. Pirazzi (1985). Exceptional wind events in Italy. *Proc. Delphi Workshop Wind Energ. Appl.*, Reidel, Dordrecht, 113-122.

Lavagnini, A., G. Stellato and F. Fisauli (1982). Calcolo della potenzialità eolica per 48 località italiane. *Energie Alternative* 4, 30-39.

Lavagnini, A. and G. Stellato (1983). Rappresentazione analitica delle distribuzioni di velocità del vento. *Energie Alternative* 5, 35-41.

Lavagnini, A., A.M. Sempreviva and G. Tosato (1985). Studio dell'errore introdotto dalla incompletezza dei dati nel calcolo dell'energia eolica. *Energie Alternative* 7, 212-218.

Lavagnini, A. and S. Martorelli (1987). Wind persistence in 135 Italian localities. *Il Nuovo Cimento* 10 C, 651-667.

Palmieri, S. and A. Pulcini (1979). Trombe d'aria sull'Italia. *Riv. Meteor. Aeron.* 39, 263-277.

Olanda

- Oemraw, B. (1982–1986). Stationsbeschrijvingen windwaarneming
- Schiphol, 1937–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 5a (1982)
 - Leeuwarden (VB), 1949–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 28 (1982)
 - Eindhoven (VB), 1949–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 29 (1982)
 - Den Helder, 1843–1972, en De Kooy, 1955–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 42 (1984).
 - IJmuiden, 1919–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 73 (1985).
 - Eelde, 1945–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 78 (1985).
 - Terschelling, 1949–1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 86 (1986).
- Rijkoort, P.J. (1983). A compound Weibull model for the description of surface wind velocity distributions. Roy. Neth. Meteor. Inst. Sc. R. 83–13.
- Van der Hoeven, P.C.T. (1975). Windmetingen in het Deltagebied. Roy. Neth. Meteor. Inst. Sc. R. 75–5.
- Van der Hoeven, P.C.T. and G. Van Vliet (1986). Eindrapport Deltaonderzoek. Roy. Neth. Meteor. Inst. Publ. 169.
- Wieringa, J. (1983). Overzicht van publikaties over het Nederlands windklimaat. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 41.
- Wieringa, J. (1986). Roughness-dependent geographical interpolation of surface wind speed averages. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* **112**, 867–889.
- Wieringa, J. (1988). Kartering van Nederland's windklimaat boven 40 m hoogte. Proc. Nation. Wind Energy Conf., Energie Anders, Rotterdam, 102–106.
- Wieringa, J. (1989). Shapes of annual frequency distributions of wind speed observed on high meteorological masts. *Boundary-Layer Meteorol.* **47**, 85–110.
- Wieringa, J. and P.J. Rijkoort (1983). Windklimaat van Nederland. Publ. Staatsuitgeverij, Den Haag. 263 pp.

Portogallo

- Mendes, J.C., Coelho, M.F. (1987). Potencialidades da energia eólica. I: Vila do Bispo. II: Aljezur. Monogr. Meteor. Geof., Serv. Meteor. Lisboa, 1 & 2.

Spagna

- Adell, L., R. Zubiaur and P. Moreno (1985). Estudio del potencial eólico en Asturias. *Bol. Cien. Nat. IDEA* **35**, 3–26.

Adell, L., R. Zubiaur, F. Martín, F. Ferrando, P. Moreno, L. Varona and A. Pantoja (1987). Development of a methodology for the estimation of wind energy resources in relatively large areas: application to the eastern and central parts of Spain. *Solar Energy* **38**, 281–295.

Catalunya, Atlas éolic – resultas del primer anyo (Octubre 84 a Novembre 85). Dir. Gen. Energia, Barcelona. ISBN 84-393-0766-7.

Altre nazioni Europee

Berz, G. (1980). Das Trombenrisiko in Europa nach Untersuchungen Alfred Wegeners. *Ann. Meteor.* **15**, 74–76.

Ferry Borges, J. and M. Castanheta (1973). Wind in Western Europe. Lab. Noc. Eng. Civ. Lisboa Proc. 34/13/4047.

Landsberg, H.E. and C.C. Wallén (editors). World Survey of Climatology. Elsevier, Amsterdam. Vol. **5** (1970). Climates of Northern and Western Europe. 253 pp. Vol. **6** (1977). Climates of Central and Southern Europe. 248 pp.

Appendice A

Lista dei simboli

Un vettore é indicato con ' \vec{x} ', un apostrofo ' x' ' indica la deviazione dal valore medio ed una barra sulla lettera ' \bar{x} ' indica il valore medio. Di seguito sono spiegate alcune abbreviazioni del testo.

a	pendenza della funzione ψ nel caso di neutralità
A	parametro di scala nella distribuzione di Weibull, costante empirica nella legge di resistenza geostrofica ($= A(0)$)
$A(\mu)$	funzione empirica nella legge di resistenza geostrofica
A_H	area orizzontale relativa ad un elemento di rugosità
A_R	area di un rotore, area spazzata
b	costante
B	costante empirica nella legge di resistenza geostrofica ($= B(0)$)
$B(\mu)$	funzione empirica nella legge di resistenza geostrofica
c	costante, larghezza della zona costiera
c_p	capacità termica dell'aria a pressione costante
c_j^n	j .mo zero della n .ma funzione di Bessel ($J_n(c_j^n) = 0$)
$C_p(u)$	efficienza alla velocità del vento u
$C_p(u_m)$	efficienza massima
C, Cor	fattore di correzione
D	distanza, rotazione del vento
E	longitudine est, coordinate UTM verso est
E	densità della potenza media a disposizione (flusso di energia)
$E(u)$	densità della potenza media alla velocità u
$\exp(x)$	funzione esponenziale
f	parametro di Coriolis, frequenza dell'occorrenza
f_E	fattore di conversione per la densità di energia

f_u	fattore di conversione per la velocità del vento
$f(u)$	distribuzione di Weibull (funzione di densità di probabilità)
$f(z)$	funzione del profilo verticale della velocità del vento
F	fattore di forma
$F(u)$	distribuzione di Weibull (funzione cumulativa di probabilità)
$F_A(k)$	funzione tabulata in Appendice B, Tavola B.6
$F_E(k)$	Funzione tabulata in Appendice B, Tavola B.2
$F_k(M^2/\overline{u^2})$	Funzione tabulata in Appendice B, Tavola B.5
$F_M(k)$	Funzione tabulata in Appendice B, Tavola B.3
$F_u(k)$	Funzione tabulata in Appendice B, Tavola B.4
g	accelerazione di gravità
G	vento geostrofico
$G_k(\alpha)$	Funzione tabulata in Appendice B, Tavola B.7
GMT	ora di Greenwich
h	altezza di un elemento di rugosità, ostacolo, collina o di uno strato limite interno
H	altezza, altezza del mozzo di un aerogeneratore
H_0	flusso di calore superficiale
i	indice, unità immaginaria, intensità della turbolenza
IBL	strato limite interno
j	indice
J_n	funzione di Bessel di ordine n .mo
k	parametro di forma della funzione di Weibull, indice
K	coefficiente
ℓ	distanza, quota del massimo aumento relativo di velocità
L	distanza, lunghezza, mezza larghezza di una collina, lunghezza di Monin-Obukhov
$\ln(x)$	logaritmo naturale
m	costante
M	valore medio
m s.l.s.	metri sul livello del suolo (altezza)
m s.l.m.	metri sul livello del mare (quota)
$\max(x, y)$	il valore massimo per x ed y
$\min(x, y)$	il valore minimo per x e y
n	indice
N	latitudine nord, coordinate UTM verso nord
P	potenza media (media su lungo periodo), porosità di un ostacolo

P_{max}	potenza nominale
$P(u)$	potenza media alla velocità del vento u
Pr	probabilità
$Pr(u)$	funzione di densità di probabilità
r	indice, raggio
rms	scarto quadratico medio
rpm	rotazioni per minuto
R	raggio
R_1, R_2	fattore di riduzione per l'effetto barriera
Ro	numero superficiale di Rossby
s	indice, pendenza della curva di potenza
S	deviazione standard, sezione trasversale
t	tempo
T	periodo, temperatura assoluta
T_0	temperatura assoluta superficiale
u	velocità del vento, componente orizzontale della velocità del vento (asse x)
\vec{u}	vettore della velocità del vento
u_m	velocità del vento a cui si ha il massimo di efficienza della turbina eolica
u_p	velocità del vento corrispondente alla potenza P
u_0	velocità del vento di riferimento
u_*	velocità di attrito
u_{*0}	velocità d'attrito superficiale
$u(z)$	velocità del vento all'altezza z
$\overline{u^2}$	media del quadrato della velocità del vento
UTC	Coordinate di tempo universali, equivalenti all'ora di Greenwich
UTM	coordinate di Mercatore
v	componente orizzontale della velocità del vento (asse y)
w	fattore peso, componente verticale della velocità del vento (asse z)
w_0	velocità verticale del vento indotta dal terreno
W	longitudine ovest
\bar{W}	fattore peso
x	distanza
z	altezza rispetto al suolo
z_m	altezza relativa alla varianza minima della velocità del vento
z_0	rugosità del terreno (lunghezza di rugosità)
z_0^R	lunghezza di rugosità pesata su di un'area

α	velocità del vento divisa per A , angolo, costante
β	costante
$\gamma(x, y)$	funzione gamma incompleta
$\Gamma(x)$	funzione gamma
Δ	operatore di differenza, errore relativo, fattore peso, valore di riferimento
ΔS	aumento relativo di velocità ($\Delta S = (u_2 - u_1)/u_1$)
ΔS_H	aumento di velocità relativo ad altezza H
∇	operatore gradiente
η	costante, funzione
θ	angolo di calettamento periferico
κ	costante di von Kármán (= 0.4)
λ	longitudine
μ	parametro di stabilità
ν	viscosità cinematica
ρ	densità dell'aria
σ	deviazione standard
τ	stress superficiale
ϕ	latitudine, angolo, azimuth
χ	potenziale
ψ	funzione empirica di stabilità nel profilo di vento

Appendice B

Tavole Ausiliarie

Tabella B.1. Densità dell'aria ρ [kg m^{-3}] in funzione della quota z [m] e temperatura media (da -25 a 40°C) alla stessa quota z . Sono stati assunti: un valore di variazione verticale della temperatura di 6.5 K km^{-1} ed una pressione al livello del mare di 1013 mb .

z	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	1.316	1.292	1.269	1.247	1.225	1.204	1.184	1.164	1.145	1.127
100	1.300	1.276	1.254	1.232	1.211	1.190	1.170	1.151	1.133	1.115
200	1.283	1.260	1.238	1.217	1.196	1.176	1.157	1.138	1.120	1.103
300	1.267	1.245	1.223	1.202	1.182	1.163	1.144	1.126	1.108	1.091
400	1.251	1.230	1.208	1.188	1.169	1.150	1.131	1.113	1.096	1.079

z	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
500	1.258	1.236	1.214	1.194	1.174	1.155	1.136	1.118	1.101	1.084
600	1.242	1.220	1.199	1.179	1.160	1.141	1.123	1.106	1.089	1.072
700	1.226	1.205	1.185	1.165	1.146	1.128	1.110	1.093	1.077	1.061
800	1.210	1.190	1.170	1.151	1.133	1.115	1.098	1.081	1.065	1.049
900	1.195	1.175	1.156	1.138	1.120	1.102	1.085	1.069	1.053	1.038

z	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
1000	1.200	1.180	1.161	1.142	1.124	1.106	1.089	1.073	1.057	1.042
1100	1.184	1.165	1.146	1.128	1.111	1.094	1.077	1.061	1.045	1.030
1200	1.169	1.151	1.132	1.115	1.097	1.081	1.065	1.049	1.034	1.019
1300	1.154	1.136	1.118	1.101	1.084	1.068	1.052	1.037	1.022	1.008
1400	1.140	1.122	1.105	1.088	1.072	1.056	1.040	1.025	1.011	0.997

z	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
1500	1.143	1.125	1.108	1.091	1.075	1.059	1.043	1.028	1.014	1.000
1600	1.128	1.111	1.094	1.078	1.062	1.046	1.031	1.017	1.003	0.989
1700	1.114	1.097	1.081	1.065	1.049	1.034	1.019	1.005	0.991	0.978
1800	1.100	1.083	1.067	1.052	1.037	1.022	1.008	0.994	0.980	0.967
1900	1.086	1.070	1.054	1.039	1.024	1.010	0.996	0.983	0.969	0.957

z	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
2000	1.088	1.072	1.056	1.041	1.026	1.012	0.998	0.985	0.971	0.959
2100	1.074	1.058	1.043	1.028	1.014	1.000	0.987	0.973	0.961	0.948
2200	1.060	1.045	1.030	1.016	1.002	0.988	0.975	0.962	0.950	0.938
2300	1.046	1.031	1.017	1.003	0.990	0.977	0.964	0.951	0.939	0.927
2400	1.033	1.018	1.005	0.991	0.978	0.965	0.953	0.941	0.929	0.917

Tabella B.2. Tavola per $F_E(k)$.

Tavola per il calcolo della densità totale di potenza del vento a partire dai parametri di Weibull A e k (Eq. 5.4). Il valore di $F_E(k)$ è desunto dalla tavola a partire dal valore corrispondente di k . Ci si posiziona sulla riga contenente le prime due cifre di k e sulla colonna contenente la terza cifra di k . Assumendo una densità dell'aria di 1.225 kg m^{-3} la densità di potenza con dimensione $[\text{kWh m}^{-2} \text{ y}^{-1}]$ è $E = A^3 F_E(k)$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	32.220	31.044	29.940	28.902	27.926	27.006	26.139	25.321	24.54 7	23.816
1.1	23.123	22.467	21.845	21.254	20.692	20.159	19.651	19.167	18.70 6	18.266
1.2	17.846	17.445	17.062	16.696	16.345	16.009	15.687	15.379	15.08 2	14.798
1.3	14.525	14.263	14.011	13.768	13.535	13.310	13.093	12.885	12.68 3	12.489
1.4	12.302	12.121	11.946	11.777	11.614	11.456	11.304	11.156	11.01 3	10.874
1.5	10.740	10.610	10.484	10.361	10.243	10.128	10.016	9.907	9.802	9.699
1.6	9.600	9.503	9.409	9.318	9.229	9.142	9.058	8.976	8.896	8.818
1.7	8.742	8.668	8.596	8.526	8.457	8.390	8.325	8.261	8.199	8.139
1.8	8.080	8.022	7.965	7.910	7.856	7.804	7.752	7.702	7.653	7.604
1.9	7.557	7.511	7.466	7.422	7.379	7.337	7.296	7.255	7.215	7.177
2.0	7.139	7.101	7.065	7.029	6.994	6.960	6.926	6.893	6.860	6.829
2.1	6.797	6.767	6.737	6.707	6.679	6.650	6.622	6.595	6.568	6.542
2.2	6.516	6.491	6.466	6.441	6.417	6.394	6.370	6.348	6.325	6.303
2.3	6.282	6.260	6.239	6.219	6.199	6.179	6.159	6.140	6.121	6.102
2.4	6.084	6.066	6.049	6.031	6.014	5.997	5.980	5.964	5.948	5.932
2.5	5.917	5.901	5.886	5.871	5.857	5.842	5.828	5.814	5.800	5.787
2.6	5.773	5.760	5.747	5.735	5.722	5.710	5.697	5.685	5.673	5.662
2.7	5.650	5.639	5.628	5.617	5.606	5.595	5.584	5.574	5.564	5.554
2.8	5.544	5.534	5.524	5.514	5.505	5.496	5.486	5.477	5.468	5.460
2.9	5.451	5.442	5.434	5.425	5.417	5.409	5.401	5.393	5.385	5.378
3.0	5.370	5.362	5.355	5.348	5.340	5.333	5.326	5.319	5.312	5.306
3.1	5.299	5.292	5.286	5.279	5.273	5.267	5.261	5.255	5.248	5.243
3.2	5.237	5.231	5.225	5.219	5.214	5.208	5.203	5.197	5.192	5.187
3.3	5.182	5.176	5.171	5.166	5.161	5.156	5.152	5.147	5.142	5.137
3.4	5.133	5.128	5.124	5.119	5.115	5.111	5.106	5.102	5.098	5.094
3.5	5.090	5.086	5.082	5.078	5.074	5.070	5.066	5.062	5.059	5.055
3.6	5.051	5.048	5.044	5.041	5.037	5.034	5.030	5.027	5.024	5.020
3.7	5.017	5.014	5.011	5.008	5.005	5.002	4.998	4.995	4.993	4.990
3.8	4.987	4.984	4.981	4.978	4.976	4.973	4.970	4.967	4.965	4.962
3.9	4.960	4.957	4.955	4.952	4.950	4.947	4.945	4.942	4.940	4.938

Tabella B.3. Tavola per $F_M(k)$.

Tavola per il calcolo del valore medio a partire dai parametri di Weibull A e k (Eq. 5.7). Il valore di $F_M(k) = \Gamma(1 + 1/k)$ é desunto cercando il valore corrispondente di k nella tavola. Posizionarsi sulla riga contenente le prime due cifre di k ed incrociare la colonna corrispondente alla terza cifra di k . Il valore medio della velocità con dimensione $[m s^{-1}]$ é quindi $M = AF_M(k)$. Notare che $F_M(k)$ k varia di pochissimo e generalmente può essere usato il valore di 0.888.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	1.000	0.996	0.992	0.988	0.984	0.981	0.977	0.974	0.971	0.968
1.1	0.965	0.962	0.959	0.957	0.954	0.952	0.949	0.947	0.945	0.943
1.2	0.941	0.939	0.937	0.935	0.933	0.931	0.930	0.928	0.927	0.925
1.3	0.924	0.922	0.921	0.919	0.918	0.917	0.916	0.915	0.914	0.912
1.4	0.911	0.910	0.909	0.909	0.908	0.907	0.906	0.905	0.904	0.903
1.5	0.903	0.902	0.901	0.901	0.900	0.899	0.899	0.898	0.898	0.897
1.6	0.897	0.896	0.896	0.895	0.895	0.894	0.894	0.893	0.893	0.893
1.7	0.892	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.890	0.890	0.890
1.8	0.889	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888
1.9	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.886	0.886	0.886
2.0	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.1	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.2	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.3	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.4	0.886	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887
2.5	0.887	0.887	0.887	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888
2.6	0.888	0.888	0.888	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889
2.7	0.889	0.889	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890
2.8	0.890	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.892
2.9	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.893	0.893	0.893
3.0	0.893	0.893	0.893	0.893	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894
3.1	0.894	0.894	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.896
3.2	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.897	0.897	0.897
3.3	0.897	0.897	0.897	0.897	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898
3.4	0.898	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.900
3.5	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.901	0.901	0.901	0.901
3.6	0.901	0.901	0.901	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902
3.7	0.902	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.904	0.904
3.8	0.904	0.904	0.904	0.904	0.904	0.904	0.905	0.905	0.905	0.905
3.9	0.905	0.905	0.905	0.905	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906

Tabella B.4. Tavola per $F_u(k)$.

Tavola per il calcolo della media del quadrato della velocità a partire dai parametri di Weibull A e k (Eq. 5.7). Il valore of $F_u(k) = \Gamma(1 + 2/k)$ é desunto dalla tavola usando il valore k corrispondente. Posizionarsi sulla riga contenente le prime due cifre di k ed incrociare la colonna corrispondente alla terza cifra di k . Il valore medio del quadrato della velocità del vento con dimensioni $[m^2s^{-2}]$ é quindi $\overline{u^2} = A^2 F_u(k)$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	2.000	1.964	1.930	1.897	1.865	1.835	1.806	1.779	1.752	1.727
1.1	1.702	1.679	1.657	1.635	1.614	1.594	1.575	1.556	1.538	1.521
1.2	1.505	1.489	1.473	1.458	1.444	1.430	1.416	1.403	1.390	1.378
1.3	1.366	1.355	1.344	1.333	1.322	1.312	1.302	1.293	1.284	1.275
1.4	1.266	1.257	1.249	1.241	1.233	1.226	1.218	1.211	1.204	1.197
1.5	1.191	1.184	1.178	1.172	1.166	1.160	1.154	1.149	1.143	1.138
1.6	1.133	1.128	1.123	1.118	1.114	1.109	1.105	1.100	1.096	1.092
1.7	1.088	1.084	1.080	1.076	1.073	1.069	1.066	1.062	1.059	1.055
1.8	1.052	1.049	1.046	1.043	1.040	1.037	1.034	1.031	1.029	1.026
1.9	1.023	1.021	1.018	1.016	1.013	1.011	1.009	1.007	1.004	1.002
2.0	1.000	0.998	0.996	0.994	0.992	0.990	0.988	0.986	0.984	0.983
2.1	0.981	0.979	0.977	0.976	0.974	0.972	0.971	0.969	0.968	0.966
2.2	0.965	0.963	0.962	0.961	0.959	0.958	0.957	0.955	0.954	0.953
2.3	0.952	0.951	0.949	0.948	0.947	0.946	0.945	0.944	0.943	0.942
2.4	0.941	0.940	0.939	0.938	0.937	0.936	0.935	0.934	0.933	0.932
2.5	0.931	0.931	0.930	0.929	0.928	0.927	0.927	0.926	0.925	0.924
2.6	0.924	0.923	0.922	0.921	0.921	0.920	0.919	0.919	0.918	0.918
2.7	0.917	0.916	0.916	0.915	0.915	0.914	0.914	0.913	0.912	0.912
2.8	0.911	0.911	0.910	0.910	0.909	0.909	0.909	0.908	0.908	0.907
2.9	0.907	0.906	0.906	0.905	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903	0.903
3.0	0.903	0.902	0.902	0.902	0.901	0.901	0.901	0.900	0.900	0.900
3.1	0.899	0.899	0.899	0.898	0.898	0.898	0.898	0.897	0.897	0.897
3.2	0.897	0.896	0.896	0.896	0.896	0.895	0.895	0.895	0.895	0.894
3.3	0.894	0.894	0.894	0.894	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.892
3.4	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891
3.5	0.891	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.889
3.6	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888
3.7	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.887
3.8	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887
3.9	0.887	0.887	0.887	0.887	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886

Tabella B.5. Tavola per F_k .

Tavola per F_k per il calcolo del parametro di Weibull k usando la media e dalla media del quadrato in una distribuzione di Weibull (Eq. 5.9). Per ottenere k , posizionarsi sulla riga data dalle prime due cifre del valore di M^2/\bar{u}^2 ed incrociare la colonna corrispondente alla terza cifra.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.60	1.232	1.232	1.236	1.240	1.244	1.244	1.248	1.252	1.252	1.256
0.61	1.260	1.264	1.264	1.268	1.271	1.271	1.275	1.279	1.283	1.283
0.62	1.287	1.291	1.295	1.295	1.299	1.303	1.307	1.307	1.311	1.314
0.63	1.318	1.318	1.322	1.326	1.330	1.334	1.334	1.338	1.342	1.346
0.64	1.346	1.350	1.354	1.357	1.361	1.365	1.365	1.369	1.373	1.377
0.65	1.381	1.381	1.385	1.389	1.393	1.396	1.400	1.404	1.404	1.408
0.66	1.412	1.416	1.420	1.424	1.428	1.432	1.432	1.436	1.439	1.443
0.67	1.447	1.451	1.455	1.459	1.463	1.467	1.467	1.471	1.475	1.479
0.68	1.482	1.486	1.490	1.494	1.498	1.502	1.506	1.510	1.514	1.518
0.69	1.521	1.525	1.529	1.533	1.537	1.541	1.545	1.549	1.553	1.557
0.70	1.561	1.564	1.568	1.572	1.576	1.580	1.584	1.588	1.592	1.600
0.71	1.604	1.607	1.611	1.615	1.619	1.623	1.627	1.631	1.639	1.643
0.72	1.646	1.650	1.654	1.658	1.662	1.670	1.674	1.678	1.682	1.686
0.73	1.693	1.697	1.701	1.705	1.709	1.717	1.721	1.725	1.729	1.736
0.74	1.740	1.744	1.752	1.756	1.760	1.764	1.771	1.775	1.779	1.787
0.75	1.791	1.795	1.803	1.807	1.814	1.818	1.822	1.830	1.834	1.842
0.76	1.846	1.850	1.857	1.861	1.869	1.873	1.881	1.885	1.893	1.896
0.77	1.904	1.908	1.916	1.920	1.928	1.936	1.939	1.947	1.951	1.959
0.78	1.967	1.971	1.979	1.982	1.990	1.998	2.006	2.010	2.018	2.025
0.79	2.029	2.037	2.045	2.053	2.057	2.064	2.072	2.080	2.088	2.096
0.80	2.100	2.107	2.115	2.123	2.131	2.139	2.146	2.154	2.162	2.170
0.81	2.178	2.186	2.193	2.201	2.209	2.217	2.225	2.232	2.244	2.252
0.82	2.260	2.268	2.275	2.287	2.295	2.303	2.311	2.322	2.330	2.338
0.83	2.350	2.357	2.365	2.377	2.385	2.396	2.404	2.416	2.424	2.436
0.84	2.447	2.455	2.467	2.475	2.486	2.498	2.510	2.518	2.529	2.541
0.85	2.553	2.564	2.576	2.588	2.600	2.611	2.623	2.635	2.646	2.658
0.86	2.670	2.682	2.693	2.709	2.721	2.732	2.748	2.760	2.771	2.787
0.87	2.799	2.814	2.830	2.842	2.857	2.873	2.885	2.900	2.916	2.932
0.88	2.947	2.963	2.979	2.994	3.010	3.029	3.045	3.061	3.080	3.096
0.89	3.115	3.131	3.150	3.166	3.186	3.205	3.225	3.244	3.264	3.283
0.90	3.303	3.322	3.346	3.365	3.389	3.408	3.432	3.455	3.479	3.502

Tabella B.6. Tavola per $F_A(k)$.

Tavola per il calcolo del parametro di Weibull A a partire dalla media e dalla media del quadrato della velocità del vento (Eq. 5.9). Il valore di $F_A(k) = 1/\Gamma(1 + 1/k)$ é desunto dalla Tavola usando il valore di k corrispondente. Posizionarsi sulla riga contenente le prime due cifre di k ed incrociare la colonna corrispondente alla terza cifra di k . Il parametro di Weibull A con dimensioni $[\text{m s}^{-1}]$ é quindi $A = \bar{u}F_A(k)$. Notare che il valore di $F_A(k)$ varia solo di poco e generalmente può essere scelto uguale a 1.126.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	1.000	1.004	1.008	1.012	1.016	1.020	1.023	1.027	1.030	1.033
1.1	1.036	1.039	1.042	1.045	1.048	1.051	1.053	1.056	1.058	1.061
1.2	1.063	1.065	1.068	1.070	1.072	1.074	1.076	1.077	1.079	1.081
1.3	1.083	1.084	1.086	1.088	1.089	1.091	1.092	1.093	1.095	1.096
1.4	1.097	1.098	1.100	1.101	1.102	1.103	1.104	1.105	1.106	1.107
1.5	1.108	1.109	1.109	1.110	1.111	1.112	1.113	1.113	1.114	1.115
1.6	1.115	1.116	1.117	1.117	1.118	1.118	1.119	1.119	1.120	1.120
1.7	1.121	1.121	1.122	1.122	1.122	1.123	1.123	1.124	1.124	1.124
1.8	1.124	1.125	1.125	1.125	1.126	1.126	1.126	1.126	1.127	1.127
1.9	1.127	1.127	1.127	1.127	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128
2.0	1.128	1.128	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
2.1	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
2.2	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
2.3	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128
2.4	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128	1.127	1.127	1.127	1.127
2.5	1.127	1.127	1.127	1.127	1.127	1.126	1.126	1.126	1.126	1.126
2.6	1.126	1.126	1.126	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125
2.7	1.125	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.123	1.123	1.123
2.8	1.123	1.123	1.123	1.123	1.122	1.122	1.122	1.122	1.122	1.122
2.9	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.120	1.120	1.120	1.120
3.0	1.120	1.120	1.120	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.118
3.1	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.117	1.117	1.117	1.117	1.117
3.2	1.117	1.116	1.116	1.116	1.116	1.116	1.115	1.115	1.115	1.115
3.3	1.115	1.115	1.114	1.114	1.114	1.114	1.114	1.114	1.113	1.113
3.4	1.113	1.113	1.113	1.113	1.112	1.112	1.112	1.112	1.112	1.112
3.5	1.111	1.111	1.111	1.111	1.111	1.111	1.110	1.110	1.110	1.110
3.6	1.110	1.110	1.109	1.109	1.109	1.109	1.109	1.109	1.108	1.108
3.7	1.108	1.108	1.108	1.108	1.107	1.107	1.107	1.107	1.107	1.107
3.8	1.106	1.106	1.106	1.106	1.106	1.106	1.105	1.105	1.105	1.105
3.9	1.105	1.105	1.105	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.103

Tabella B.7. Tavola per $G_k(\alpha)$.

Tavola per il calcolo della potenza media (Eq. 6.4). Il valore di $G_k(\alpha) = 1/k \cdot \gamma(1/k, \alpha^k)$ é desunto dalla tavola corrispondentemente ai valore di α e k . Posizionarsi sulla riga con il valore di α ed incrociare la colonna con il valore di k .

	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.049	0.049	0.049	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.10	0.095	0.096	0.097	0.098	0.098	0.099	0.099	0.099	0.099	0.100	0.100
0.15	0.139	0.141	0.143	0.145	0.146	0.147	0.147	0.148	0.148	0.149	0.149
0.20	0.181	0.185	0.187	0.190	0.192	0.193	0.194	0.195	0.196	0.197	0.197
0.25	0.221	0.226	0.230	0.233	0.236	0.238	0.240	0.241	0.243	0.244	0.245
0.30	0.259	0.265	0.270	0.274	0.278	0.281	0.284	0.286	0.288	0.290	0.291
0.35	0.295	0.303	0.309	0.314	0.319	0.323	0.326	0.329	0.332	0.334	0.336
0.40	0.330	0.338	0.345	0.352	0.358	0.363	0.367	0.371	0.374	0.377	0.380
0.45	0.362	0.372	0.380	0.388	0.395	0.400	0.406	0.410	0.414	0.418	0.421
0.50	0.393	0.404	0.414	0.422	0.430	0.436	0.443	0.448	0.453	0.457	0.461
0.55	0.423	0.435	0.445	0.455	0.463	0.471	0.478	0.484	0.489	0.495	0.499
0.60	0.451	0.464	0.475	0.485	0.495	0.503	0.511	0.518	0.524	0.530	0.535
0.65	0.478	0.491	0.503	0.514	0.524	0.533	0.542	0.550	0.557	0.563	0.569
0.70	0.503	0.517	0.530	0.542	0.552	0.562	0.571	0.579	0.587	0.594	0.601
0.75	0.528	0.542	0.555	0.568	0.579	0.589	0.599	0.608	0.616	0.623	0.630
0.80	0.551	0.566	0.579	0.592	0.604	0.614	0.624	0.634	0.642	0.650	0.658
0.85	0.573	0.588	0.602	0.615	0.627	0.638	0.648	0.658	0.667	0.675	0.683
0.90	0.593	0.609	0.623	0.637	0.649	0.660	0.671	0.681	0.690	0.698	0.706
0.95	0.613	0.629	0.643	0.657	0.669	0.681	0.691	0.701	0.711	0.719	0.727
1.00	0.632	0.648	0.662	0.676	0.688	0.700	0.711	0.721	0.730	0.739	0.747
1.05	0.650	0.666	0.680	0.694	0.706	0.718	0.728	0.738	0.747	0.756	0.764
1.10	0.667	0.683	0.697	0.710	0.723	0.734	0.744	0.754	0.763	0.772	0.780
1.15	0.683	0.699	0.713	0.726	0.738	0.749	0.759	0.769	0.778	0.786	0.794
1.20	0.699	0.714	0.728	0.740	0.752	0.763	0.773	0.782	0.791	0.799	0.807
1.25	0.713	0.728	0.742	0.754	0.765	0.776	0.786	0.795	0.803	0.811	0.818
1.30	0.727	0.742	0.755	0.767	0.778	0.788	0.797	0.806	0.814	0.821	0.828
1.35	0.741	0.755	0.767	0.779	0.789	0.799	0.808	0.816	0.823	0.830	0.836
1.40	0.753	0.767	0.779	0.790	0.800	0.809	0.817	0.825	0.832	0.838	0.844
1.45	0.765	0.778	0.790	0.800	0.809	0.818	0.826	0.833	0.839	0.845	0.851

Tabella B.7. Tavola per $G_k(\alpha)$ (continua).

	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
1.50	0.777	0.789	0.800	0.809	0.818	0.826	0.833	0.840	0.846	0.851	0.856
1.55	0.788	0.799	0.809	0.818	0.826	0.834	0.840	0.846	0.852	0.857	0.861
1.60	0.798	0.809	0.818	0.826	0.834	0.841	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865
1.65	0.808	0.818	0.826	0.834	0.841	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865	0.869
1.70	0.817	0.826	0.834	0.841	0.847	0.853	0.857	0.862	0.865	0.869	0.872
1.75	0.826	0.834	0.842	0.848	0.853	0.858	0.862	0.866	0.869	0.872	0.874
1.80	0.835	0.842	0.848	0.854	0.859	0.863	0.866	0.869	0.872	0.874	0.877
1.85	0.843	0.849	0.855	0.859	0.863	0.867	0.870	0.872	0.875	0.877	0.878
1.90	0.850	0.856	0.861	0.865	0.868	0.871	0.873	0.875	0.877	0.878	0.880
1.95	0.858	0.862	0.866	0.869	0.872	0.874	0.876	0.877	0.879	0.880	0.881
2.00	0.865	0.868	0.872	0.874	0.876	0.877	0.878	0.879	0.880	0.881	0.882
2.05	0.871	0.874	0.876	0.878	0.879	0.880	0.881	0.881	0.882	0.882	0.883
2.10	0.878	0.880	0.881	0.882	0.882	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.884
2.15	0.884	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.884	0.884	0.884	0.884
2.20	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888	0.887	0.886	0.885	0.885	0.885	0.885
2.25	0.895	0.894	0.893	0.891	0.890	0.889	0.887	0.886	0.886	0.885	0.885
2.30	0.900	0.898	0.896	0.894	0.892	0.890	0.889	0.887	0.886	0.886	0.885
2.35	0.905	0.902	0.899	0.897	0.894	0.892	0.890	0.888	0.887	0.886	0.885
2.40	0.909	0.906	0.902	0.899	0.896	0.893	0.891	0.889	0.887	0.886	0.886
2.45	0.914	0.909	0.905	0.901	0.897	0.894	0.891	0.889	0.888	0.886	0.886
2.50	0.918	0.913	0.908	0.903	0.899	0.895	0.892	0.890	0.888	0.887	0.886
2.55	0.922	0.916	0.910	0.905	0.900	0.896	0.893	0.890	0.888	0.887	0.886
2.60	0.926	0.919	0.912	0.906	0.901	0.897	0.893	0.890	0.888	0.887	0.886
2.65	0.929	0.922	0.914	0.908	0.902	0.898	0.894	0.891	0.889	0.887	0.886
2.70	0.933	0.924	0.916	0.909	0.903	0.898	0.894	0.891	0.889	0.887	0.886
2.75	0.936	0.927	0.918	0.911	0.904	0.899	0.895	0.891	0.889	0.887	0.886
2.80	0.939	0.929	0.920	0.912	0.905	0.899	0.895	0.891	0.889	0.887	0.886
2.85	0.942	0.931	0.921	0.913	0.906	0.900	0.895	0.892	0.889	0.887	0.886
2.90	0.945	0.933	0.923	0.914	0.906	0.900	0.895	0.892	0.889	0.887	0.886
2.95	0.948	0.935	0.924	0.915	0.907	0.900	0.895	0.892	0.889	0.887	0.886
3.00	0.950	0.937	0.925	0.915	0.907	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.05	0.953	0.939	0.926	0.916	0.908	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.10	0.955	0.940	0.927	0.917	0.908	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.15	0.957	0.942	0.928	0.917	0.908	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.20	0.959	0.943	0.929	0.918	0.909	0.902	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
∞	1.000	0.965	0.941	0.924	0.911	0.903	0.897	0.892	0.889	0.887	0.886

Tabella B.7. Tavola per $G_k(\alpha)$ (segue).

	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.15	0.149	0.149	0.149	0.149	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
0.20	0.197	0.198	0.198	0.199	0.199	0.199	0.199	0.199	0.199	0.200	0.200
0.25	0.245	0.246	0.246	0.247	0.247	0.248	0.248	0.248	0.249	0.249	0.249
0.30	0.291	0.292	0.294	0.294	0.295	0.296	0.296	0.297	0.297	0.298	0.298
0.35	0.336	0.338	0.339	0.341	0.342	0.343	0.344	0.345	0.345	0.346	0.346
0.40	0.380	0.382	0.384	0.386	0.387	0.389	0.390	0.391	0.392	0.393	0.394
0.45	0.421	0.424	0.427	0.429	0.431	0.433	0.435	0.436	0.438	0.439	0.440
0.50	0.461	0.465	0.468	0.471	0.474	0.476	0.478	0.480	0.482	0.483	0.485
0.55	0.499	0.503	0.507	0.511	0.514	0.517	0.520	0.522	0.524	0.526	0.528
0.60	0.535	0.540	0.544	0.549	0.552	0.556	0.559	0.562	0.565	0.567	0.570
0.65	0.569	0.574	0.580	0.584	0.589	0.593	0.596	0.600	0.603	0.606	0.609
0.70	0.601	0.607	0.612	0.618	0.622	0.627	0.631	0.635	0.639	0.642	0.645
0.75	0.630	0.637	0.643	0.649	0.654	0.659	0.664	0.668	0.672	0.676	0.680
0.80	0.658	0.665	0.671	0.677	0.683	0.688	0.693	0.698	0.703	0.707	0.711
0.85	0.683	0.690	0.697	0.704	0.710	0.715	0.721	0.726	0.731	0.735	0.739
0.90	0.706	0.714	0.721	0.728	0.734	0.740	0.745	0.751	0.756	0.761	0.765
0.95	0.727	0.735	0.742	0.749	0.756	0.762	0.767	0.773	0.778	0.783	0.788
1.00	0.747	0.755	0.762	0.769	0.775	0.781	0.787	0.793	0.798	0.803	0.808
1.05	0.764	0.772	0.779	0.786	0.792	0.799	0.804	0.810	0.815	0.820	0.825
1.10	0.780	0.788	0.795	0.801	0.808	0.814	0.819	0.825	0.830	0.834	0.839
1.15	0.794	0.801	0.808	0.815	0.821	0.827	0.832	0.837	0.842	0.847	0.851
1.20	0.807	0.814	0.820	0.827	0.832	0.838	0.843	0.848	0.852	0.857	0.861
1.25	0.818	0.825	0.831	0.837	0.842	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865	0.869
1.30	0.828	0.834	0.840	0.845	0.851	0.855	0.860	0.864	0.868	0.872	0.875
1.35	0.836	0.842	0.848	0.853	0.858	0.862	0.866	0.870	0.874	0.877	0.880
1.40	0.844	0.849	0.854	0.859	0.863	0.867	0.871	0.875	0.878	0.881	0.884
1.45	0.851	0.856	0.860	0.864	0.868	0.872	0.875	0.878	0.881	0.884	0.887

Tabella B.7. Tavola per $G_k(\alpha)$ (segue).

	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
1.50	0.856	0.861	0.865	0.869	0.872	0.875	0.878	0.881	0.884	0.886	0.889
1.55	0.861	0.865	0.869	0.872	0.875	0.878	0.881	0.883	0.886	0.888	0.890
1.60	0.865	0.869	0.872	0.875	0.878	0.881	0.883	0.885	0.887	0.889	0.891
1.65	0.869	0.872	0.875	0.878	0.880	0.882	0.884	0.886	0.888	0.890	0.892
1.70	0.872	0.875	0.877	0.879	0.882	0.884	0.885	0.887	0.889	0.891	0.892
1.75	0.874	0.877	0.879	0.881	0.883	0.885	0.886	0.888	0.889	0.891	0.893
1.80	0.877	0.879	0.880	0.882	0.884	0.885	0.887	0.888	0.890	0.891	0.893
1.85	0.878	0.880	0.882	0.883	0.884	0.886	0.887	0.889	0.890	0.891	0.893
1.90	0.880	0.881	0.883	0.884	0.885	0.886	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
1.95	0.881	0.882	0.883	0.884	0.885	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.00	0.882	0.883	0.884	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.05	0.883	0.884	0.884	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.10	0.884	0.884	0.885	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.15	0.884	0.884	0.885	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.20	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.25	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.30	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.35	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.40	0.886	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.45	0.886	0.885	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.50	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.55	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.60	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.65	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.70	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.75	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.80	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.85	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.90	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.95	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.00	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.05	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.10	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.15	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.20	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
∞	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893

Tabella B.7. Tavola per $G_k(\alpha)$ (segue).

	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.15	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
0.20	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
0.25	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
0.30	0.298	0.298	0.298	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.300
0.35	0.346	0.347	0.347	0.347	0.348	0.348	0.348	0.348	0.349	0.349	0.349
0.40	0.394	0.394	0.395	0.396	0.396	0.396	0.397	0.397	0.397	0.398	0.398
0.45	0.440	0.441	0.442	0.443	0.443	0.444	0.445	0.445	0.446	0.446	0.446
0.50	0.485	0.486	0.487	0.489	0.490	0.490	0.491	0.492	0.493	0.493	0.494
0.55	0.528	0.530	0.531	0.533	0.534	0.535	0.537	0.538	0.539	0.539	0.540
0.60	0.570	0.572	0.574	0.575	0.577	0.579	0.580	0.582	0.583	0.584	0.585
0.65	0.609	0.611	0.614	0.616	0.618	0.620	0.622	0.623	0.625	0.627	0.628
0.70	0.645	0.648	0.651	0.654	0.656	0.659	0.661	0.663	0.665	0.667	0.669
0.75	0.680	0.683	0.686	0.689	0.692	0.695	0.697	0.700	0.702	0.704	0.706
0.80	0.711	0.715	0.718	0.722	0.725	0.728	0.731	0.734	0.736	0.739	0.741
0.85	0.739	0.744	0.747	0.751	0.755	0.758	0.761	0.764	0.767	0.770	0.773
0.90	0.765	0.769	0.774	0.777	0.781	0.785	0.788	0.791	0.795	0.798	0.801
0.95	0.788	0.792	0.796	0.801	0.804	0.808	0.812	0.815	0.818	0.822	0.825
1.00	0.808	0.812	0.816	0.820	0.824	0.828	0.832	0.835	0.839	0.842	0.845
1.05	0.825	0.829	0.833	0.837	0.841	0.845	0.849	0.852	0.855	0.858	0.861
1.10	0.839	0.843	0.847	0.851	0.855	0.859	0.862	0.866	0.869	0.872	0.875
1.15	0.851	0.855	0.859	0.863	0.866	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885
1.20	0.861	0.865	0.868	0.872	0.875	0.878	0.881	0.884	0.887	0.890	0.892
1.25	0.869	0.872	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888	0.890	0.893	0.895	0.897
1.30	0.875	0.878	0.882	0.884	0.887	0.890	0.892	0.895	0.897	0.899	0.901
1.35	0.880	0.883	0.886	0.888	0.891	0.893	0.896	0.898	0.900	0.902	0.903
1.40	0.884	0.886	0.889	0.891	0.894	0.896	0.898	0.900	0.901	0.903	0.905
1.45	0.887	0.889	0.891	0.893	0.895	0.897	0.899	0.901	0.902	0.904	0.906

Tabella B.7. Tavola per $G_k(\alpha)$ (segue).

	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
1.50	0.889	0.891	0.893	0.895	0.897	0.898	0.900	0.902	0.903	0.905	0.906
1.55	0.890	0.892	0.894	0.896	0.897	0.899	0.900	0.902	0.903	0.905	0.906
1.60	0.891	0.893	0.895	0.896	0.898	0.899	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.65	0.892	0.893	0.895	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.70	0.892	0.894	0.895	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.75	0.893	0.894	0.895	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.80	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.85	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.90	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.95	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.00	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.05	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.10	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.15	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.20	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.25	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.30	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.35	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.40	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.45	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.50	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.55	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.60	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.65	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.70	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.75	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.80	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.85	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.90	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.95	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.00	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.05	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.10	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.15	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.20	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
∞	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906

Appendice C

Criteri di selezione e questionario

Di seguito sono riportati, nella forma originale, i criteri usati per selezionare le stazioni ed i set di dati. I numeri che appaiono nel testo accanto ad alcune parole in alto a destra si riferiscono ai commenti riportati in Sezione C.5.

C.1 Requisiti per i dati

L'input necessario per l'analisi é una serie temporale di dati di velocità e direzione del vento, copertura nuvolosa ed altezza delle nubi lungo un periodo di approssimativamente 10 anni. Ad ogni nazione partecipante é stato richiesto di fornire dati per un certo numero di stazioni accuratamente selezionate. La densità delle stazioni necessarie é da una a quattro ogni 250×250 km quadrati; la scelta delle migliori stazioni fra quelle disponibili é stata operata con i criteri esposti di seguito.

Il successo dell'analisi dipende criticamente dalla qualità dei dati di vento; questo requisito richiede che il terreno attorno all'anemometro sia uniforme in ognuna delle direzioni di provenienza del vento (vedere di seguito) e che non siano presenti vaste aree montagnose a distanze minori di 50-100 km¹).

L'esperienza mostra che una appropriata valutazione della qualità dei dati di una stazione richiede l'intervista del personale addetto agli strumenti ed alla raccolta dei dati, preferibilmente in durante una visita del sito. La compilazione del questionario, riprodotto nella seguente sezione C.3, dovrebbe essere considerato come il requisito minimo per una tale intervista.

C.2 Criteri per la selezione dei siti anemometrici

1. Il vento non deve essere ostacolato nel suo avvicinamento all'anemometro che deve essere lontano da possibili cause di distorsione per il flusso come alberi, fabbricati o altre strutture. Il sito deve essere ragionevolmente pianeggiante o leggermente collinare al fine di evitare effetti locali indotti dal terreno.
Nel caso che il terreno non risponda ai requisiti richiesti, é necessaria una dettagliata descrizione della posizione dell'anemometro e degli ostacoli (punto 10 del questionario). Generalmente tali casi corrispondono a stazioni in cui gli anemometri sono collocati in cima a manufatti o ad una distanza minore di trenta volte l'altezza di una grande costruzione.
2. Fino a 1-2 km di distanza dall'anemometro il terreno dovrebbe avere (in ognuno dei 4-8 settori direzionali) preferibilmente rugosità omogenea o un²) cambio di rugosità netto (per rugosità intendiamo vegetazione o tipo di uso del terreno). In caso che vi siano diversi cambi di rugosità, la qualità dei dati per l'analisi é degradata.
3. Fermo restando che non devono essere presenti a distanze minori di 50 km vaste catene montagnose, la mancanza dei requisiti per la semplicità delle caratteristiche del terreno diventa meno critica a distanze maggiori di 2 km,. Se si é a conoscenza che nel sito dell'anemometro il flusso é modificato da orografia complessa presente nelle vicinanze, é preferibile che la stazione sia scartata³).
4. I dati dovrebbero essere raccolti consecutivamente ad intervalli non più lunghi di tre ore e la velocità del vento dovrebbe rappresentare la media su un periodo che va da 10 minuti ad un'ora.
5. RegISTRAZIONI convenientemente lunghe dei parametri rilevanti (vedi di seguito) devono essere reperibili: esse devono preferibilmente coprire 10 o più anni. Per buone serie temporali, interruzioni dovute per es. alla rottura della strumentazione, non portano alcun danno all'analisi.
É preferibile una serie temporale su un periodo di 10 anni possibilmente 1970-1981.
6. Il calcolo dell'indice⁴) di stabilità necessita anche osservazioni della copertura nuvolosa insieme a velocità e direzione del vento.

C.3 Questionario per le posizioni degli anemometri

1. Nome della stazione
2. Nazione
3. Sito (preferibilmente latitudine, longitudine)
4. Periodo di misura (dare data di inizio e fine)
5. É la stazione equipaggiata con registrazioni automatiche per la media della velocità e direzione del vento? Descrivere la strumentazione. Se la risposta é no, dare una breve descrizione della tecnica di rilevamento delle misure.

6. Ulteriori informazioni riguardanti la stazione (per es. cambio della tecnica di rilevamento o spostamento della stazione durante il periodo)
7. Periodo di media della velocità (in minuti)
8. Intervallo di campionamento per ogni parametro misurato
9. Altezza dal suolo dell'anemometro (in metri)
10. Descrizione della posizione dell'anemometro: se possibile dovrebbe essere data una serie di fotografie del palo anemometrico ed una serie che mostri il giro d'orizzonte dei dintorni dell'anemometro. Dovrebbe essere fornito anche un disegno con riportata la descrizione dettagliata di costruzioni, vegetazione ecc. Per gli aeroporti un formato conveniente è dato dalle mappe di atterraggio ICAO. Le più importanti caratteristiche dei dintorni dovrebbero essere annotate fino a distanza di 5 km dal palo. Dovrebbe essere fornita anche una mappa in cui appaiono i dettagli dell'orografia fino a 100 km di distanza⁵⁾.
11. Ulteriori informazioni sui dati (qualità o disposizione)

C.4 Disposizioni per le serie di dati

1. Descrizione separata scritta del luogo di misura come da questionario, comprendente possibili fattori di correzione dovuti alla posizione.
2. Nastro/i magnetici con le serie temporali delle stazioni selezionate insieme alla seguenti informazioni:

Stazione No. (intero nnn)

Periodo in termini di anno, mese, giorno, ora (in GMT) (intero: aamm-gg00)

Velocità del vento in 0.1 m s^{-1} (intero: uuu)

Direzione in gradi (intero: DDD)

Temperatura in $0.1^\circ \text{ Celsius}$ (intero: $\pm \text{TTT}$)⁶⁾

Copertura nuvolosa in ottavi (intero: N)⁶⁾

Quota delle nuvole in 100-feet (intero: CCC)⁶⁾

Fattore di correzione per l'esposizione (se reperibile) in percentuale (intero: EEE)⁶⁾

I dati dovrebbero coprire preferibilmente 10 anni ed, in ogni caso, non meno di tre. I dati devono essere rilevati ogni tre ore e la velocità del vento deve preferibilmente essere la media su 10 minuti. I dati mancanti devono essere rappresentati con asterischi *. Ogni record dovrebbe avere il seguente formato:

yymmddhhuuuDDD \pm TTTNCCEEE

Il nastro magnetico deve essere conforme alle seguenti specifiche:

800 or 1600 bpi
9 tracce
odd parity
lunghezza fissa del record (25 caratteri)
lunghezza fissa del blocco
EBCDIC o ASCII

C.5 Commenti sui criteri di selezione e questionari

Di seguito sono elencati tutti gli emendamenti e cambiamenti apportati ai criteri di selezione ed al questionario. Le ragioni principali sono l'introduzione di stazioni su terreni complicati e modifiche ai modelli di analisi dell'Atlante del Vento.

In una prima selezione erano state individuate 50 stazioni che rispondevano esattamente ai criteri richiesti. In una seconda selezione alcune stazioni sono state scelte per l'esigenza di ricoprire aree scoperte, altre per mostrare la statistica in caso di terreni complicati o per provare l'applicabilità ed i limiti della metodologia dell'Atlante del Vento.

- 1) Se sono presenti vaste configurazioni orografiche o se sono nelle vicinanze, le stazioni sono state incluse nella classe corrispondente ai tipi di terreno 3 o 5.
- 2) Il modello per il cambio di rugosità é capace di tener conto fino a 10 cambi per ogni settore.
- 3) Come al punto 1).
- 4) Nel modello finale non si é fatto uso dei dati di copertura nuvolosa.
- 5) Le mappe richieste dovevano essere scelte tra le seguenti scale: 1:25 000 o 1:50 000.
- 6) Nel modello finale non é stato fatto uso dei dati di temperatura, copertura nuvolosa, altezza delle nubi e fattore di correzione per l'esposizione della stazione.

Appendice D

Il dischetto dei dati

Nel dischetto allegato sul retro del volume, sono fornite le analisi statistiche del vento regionalmente significative per ogni stazione. Il dischetto contiene i dati di velocità del vento sotto forma di istogrammi; esso é diviso in subdirectories ognuna delle quali corrispondente ad una nazione CEE. I nomi delle 'subdirectories' sono elencati di seguito in ordine alfabetico:

B	Belgio	GB	Gran Bretagna
D	Germania (FRG)	GR	Grecia
DK	Danimarca	I	Italia
E	Spagna	L	Lussemburgo
EI	Irlanda	NL	Olanda
F	Francia	P	Portogallo

Le statistiche da radiosondaggio per ogni nazione sono in separate subdirectories chiamate RS.

Il dischetto é standard double-sided, alta densità (1.2 MB). Esso può essere letto su un qualsiasi Personal Computer (PC, XT o AT) o compatibile con i sistemi operativi PC-DOS or MS-DOS e con drive ad alta densità.¹

I dati dell'Atlante del Vento sono immagazzinati come files ASCII con extension LIB e contengono record di informazioni di 48 linee/records. I contenuti di un file é mostrato schematicamente in Tavola D.1.

I dati grezzi sono immagazzinati come ASCII files con extension TAB. Il contenuto di un file con gli istogrammi é mostrato schematicamente in Tavola D.2.

¹IBM PC, PC/XT e PC/AT, e PC-DOS sono marchi registrati dell'IBM, International Business Machines, Inc. MS-DOS é un marchio registrato della Microsoft, Inc.

Tabella D.1. Contenuto di un file dell'Atlante del Vento. I parametri della funzione di distribuzione di Weibull *A* e *K* sono stati dati per le quattro classi di rugosità del terreno sia per ognuna delle 12 direzioni di provenienza del vento sia per la distribuzione totale di velocità.

Line	Contenuto
1	Stringa di caratteri per l'identificazione del file/stazione
2	Numero di classi di rugosità, altezze e settori: 4 5 12
3	Lunghezze di rugosità standard: 0.0002, 0.03, 0.1 e 0.4 [m]
4	Altezze standard sul livello del suolo: 10, 25, 50, 100, 200 [m] a.g.l.
5	Frequenza delle occorrenze per classe di rugosità 0
6	Parametri di Weibull <i>A</i> per 10 m [ms ⁻¹]
7	Parametri di Weibull <i>k</i> per 10 m
8-9	Parametri di Weibull <i>A</i> e <i>k</i> per 25 m
10-11	Parametri di Weibull <i>A</i> e <i>k</i> per 50 m
12-13	Parametri di Weibull <i>A</i> e <i>k</i> per 100 m
14-15	Parametri di Weibull <i>A</i> e <i>k</i> per 200 m
16-26	Come per 5-15, ma per classe di rugosità 1
27-37	Come per 5-15, ma per classe di rugosità 2
38-48	Come per 5-15, ma per classe di rugosità 3

Tabella D.2. Contenuto di un file con gli istogrammi.

Line	Contenuto
1	Stringa di caratteri per identificare il file
2	Latitudine, longitudine ed altezza dell'anemometro
3	Numero di settori, fattore di scala per la velocità, offset per la direzione
4	Frequenza delle occorrenze del vento per singolo settore in percento
5-	A partire dalla linea 5 è contenuta la tavola climatologica: ogni linea corrisponde ad una classe di velocità del vento. Per primo è dato il limite superiore della classe di velocità, segue poi la frequenza di occorrenza della stessa classe nel settore e rispetto alla distribuzione totale. Possono essere specificate fino ad un massimo di 50 classi di velocità del vento. Le frequenze sono normalizzate per settore.